

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-110570

(43)Date of publication of application : 23.04.1999

(51)Int.Cl.

G06T 9/20

(21)Application number : 09-270704

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 03.10.1997

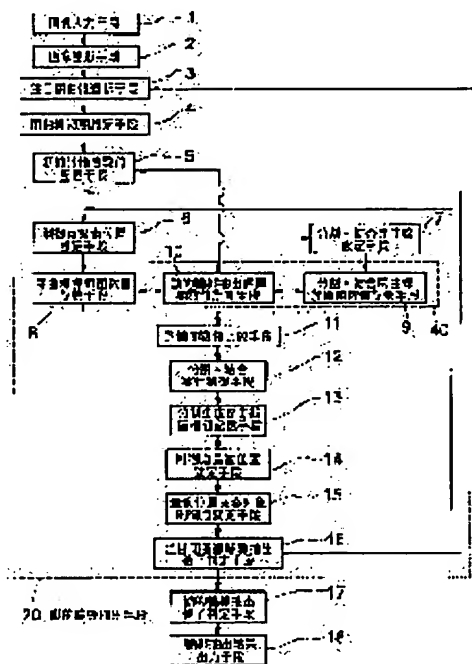
(72)Inventor : MIYAMOTO SHINICHI

(54) DYNAMIC CONTOUR EXTRACTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a dynamic contour extracting device capable of extracting a proper contour, based on shape and a weight condition of a noticed object.

SOLUTION: An evaluated function value of a noticing closed curve is calculated based on an image inputted in an image input means 1, by a means 10 to extract a dynamic contour and to calculate the evaluated function value, a divided closed curve, a linked closed curve are simultaneously set based on a noticing control point on the noticing closed curve by a divided and linked closed curve setting means 7, the evaluated function values of each of the set divided closed curve and the linked closed curve are calculated by the means 10 for extracting the dynamic contour and to calculate the evaluated function value and division and linkage are determined whether or not they are executed by comparing the closed curve evaluated function value, the divided closed curve evaluated function value and the linked closed curve evaluated function value by an evaluated function value comparison means 11.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 03.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3070541

[Date of registration] 26.05.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-110570

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 6 T 9/20

識別記号

F I

G 0 6 F 15/70

3 3 5 Z

審査請求 有 請求項の数18 O L (全 54 頁)

(21) 出願番号 特願平9-270704

(22) 出願日 平成9年(1997)10月3日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 宮本 伸一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

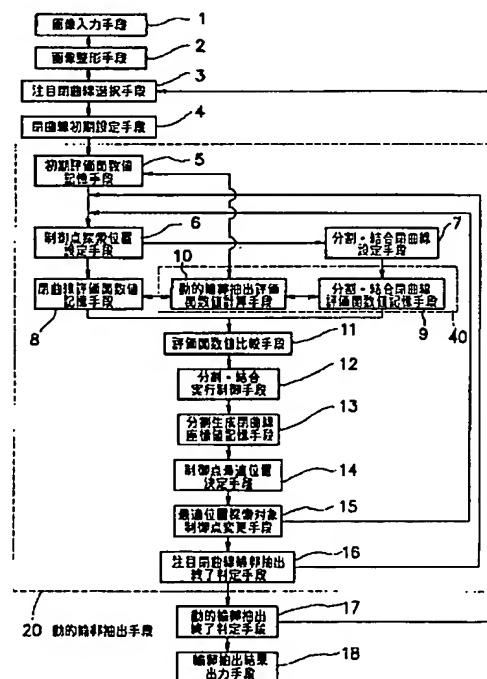
(74) 代理人 弁理士 丸山 隆夫

(54) 【発明の名称】 動的輪郭抽出装置

(57) 【要約】

【課題】 注目物体の形状、及び重畳状態に基づいて、適切な輪郭を抽出することが可能な動的輪郭抽出装置を提供する。

【解決手段】 画像入力手段1に入力した画像に基づいて、注目閉曲線の評価関数値を動的輪郭抽出評価関数値計算手段10が計算すると共に、注目閉曲線上の注目制御点に基づいて、分割・結合閉曲線設定手段7が、分割閉曲線、及び、結合閉曲線を設定し、この設定された分割閉曲線、及び、結合閉曲線のそれぞれの評価関数値を動的輪郭抽出評価関数値計算手段10が計算し、評価関数値比較手段11が、閉曲線評価関数値、分割閉曲線評価関数値、結合閉曲線評価関数値を比較して、分割、結合を実行するかどうかを決定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力画像を電気信号に変換する画像入力手段と、
 前記入力画像に平滑化処理を行う画像整形手段と、
 前記入力画像中に複数の閉曲線を設定し、該複数の閉曲線の中から動的輪郭抽出を行う注目閉曲線として 1 つの閉曲線を選択する注目閉曲線選択手段と、
 前記注目閉曲線を構成する制御点を設定し、閉曲線の分割・結合機能の付与を制御し、閉曲線評価関数の重みの設定を行う閉曲線初期設定手段と、
 前記注目閉曲線を構成する制御点の入力座標値から評価関数値を出力する動的輪郭抽出評価関数値計算手段と、
 前記注目閉曲線の初期位置に対して前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される評価関数値を記憶する初期評価関数値記憶手段と、
 前記注目閉曲線を構成する制御点の中から注目する制御点を注目制御点として選択し、該選択された注目制御点の位置を該注目制御点の近傍画像集合のいずれかの位置に設定する制御点探索位置設定手段と、
 前記制御点探索位置設定手段により設定された制御点の位置に基づいて、分割閉曲線と結合閉曲線とを設定する分割・結合閉曲線設定手段と、
 前記制御点探索位置設定手段により設定された位置の座標値を入力として前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される閉曲線評価関数値を記憶する閉曲線評価関数値記憶手段と、
 前記分割・結合閉曲線設定手段により、設定された分割閉曲線の座標値、及び、結合閉曲線の座標値を入力として前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される分割閉曲線評価関数値、及び、結合閉曲線評価関数値を記憶する分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段と、
 前記閉曲線評価関数値記憶手段に記憶されている閉曲線評価関数値と、前記分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段に記憶されている分割閉曲線評価関数値と、結合閉曲線評価関数値との大小を比較し、評価関数値が一番小さい閉曲線を決定する評価関数値比較手段と、
 前記評価関数値比較手段の比較結果に基づき、前記閉曲線評価関数値が最小の場合には、閉曲線の分割・結合を伴わない通常の動的輪郭抽出を行い、分割閉曲線評価関数値が最小の場合には閉曲線の分割を行い、結合閉曲線評価関数値が最小の場合には閉曲線の結合を行い、これらの分割・結合の制御の結果を基に前記注目制御点の最適位置と、次に最適位置探索を行う次回注目制御点の座標を算出する分割・結合実行制御手段と、
 前記分割・結合実行制御手段による閉曲線の分割によって新たに生じた閉曲線を構成する制御点の座標値を記憶する分割生成閉曲線座標値記憶手段と、
 前記分割・結合実行制御手段において算出された最適位置へ前記注目制御点を更新する制御点最適位置決定手段と、

前記分割・結合実行制御手段により算出された、次に最適位置探索を行う次回注目制御点の座標に最適探索対象制御点の座標を変更する最適位置探索対象制御点変更手段と、

前記注目閉曲線の動的輪郭抽出の終了を判定する注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段と、
 前記入力画像に対する動的輪郭抽出の終了を判定する動的輪郭抽出終了判定手段と、
 輪郭抽出の結果を出力する輪郭抽出結果出力手段とを有することを特徴とする動的輪郭抽出装置。

【請求項 2】 前記評価関数値比較手段による評価関数値の大小の比較は、
 前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された注目閉曲線の評価関数値を E_1 とし、
 前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された、注目閉曲線を 2 つに分割することにより生成された 2 つの分割閉曲線のそれぞれの評価関数値を E_1 、 E_2 とし、
 前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された、前記注目閉曲線と、該注目閉曲線に最も近接しその評価関数値が E_1 である閉曲線と、を結合してできる結合閉曲線の評価関数値を E_0 とし、
 注目閉曲線の分割を判断する際は、
 $E_1 > E_1 + E_2$
 が満たされているか否かの比較であり、
 注目閉曲線の結合を判断する際は、
 $E_0 < E_1 + E_1$
 が満たされているか否かの比較であることを特徴とする請求項 1 記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 3】 前記分割・結合閉曲線設定手段による分割閉曲線、及び、結合閉曲線の設定は、
 前記制御点探索位置設定手段により、前記注目制御点が前記近傍画像集合のいずれかの位置に設定される度に行うか、若しくは、
 前記注目閉曲線における、前記注目制御点が位置している点の曲率が、所定の値より大きい場合にのみ行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 4】 前記分割・結合閉曲線設定手段による分割閉曲線、及び、結合閉曲線の設定は、
 該設定された分割閉曲線、及び、結合閉曲線を構成する 1 つの制御点を、
 前記制御点探索位置設定手段により注目制御点の位置が設定される近傍画像集合の中のいずれか 1 つの画素位置にある制御点に選択することにより行われることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 5】 前記制御点探索位置設定手段により注目制御点の位置が設定される近傍画像集合が、
 前記注目制御点の位置を中心として、上、下、左、右、

左上、右上、左下、及び、右下に位置する 8 個の画素により構成されていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 6】 前記注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段による、注目閉曲線の輪郭抽出が終了したか否かの判定は、

前記注目閉曲線上の制御点の全てに対して、前記制御点探索位置設定手段による位置の設定が行われたか否かにより判定されることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 7】 入力画像を電気信号に変換する画像入力手段と、

前記入力画像に平滑化処理を行う画像整形手段と、

前記入力画像中に複数の閉曲線を設定し、該複数の閉曲線の中から動的輪郭抽出を行う注目閉曲線として 1 つの閉曲線を選択する注目閉曲線選択手段と、

前記注目閉曲線を構成する制御点を設定し、閉曲線の分割・結合機能の付与を制御し、閉曲線評価関数の重みの設定を行う閉曲線初期設定手段と、

前記注目閉曲線を構成する制御点の入力座標値から評価関数値を出力する動的輪郭抽出評価関数値計算手段と、
前記注目閉曲線の初期位置に対して前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される評価関数値を記憶する初期評価関数値記憶手段と、

前記注目閉曲線を構成する制御点の中から注目する制御点を注目制御点として選択し、該選択された注目制御点の位置を該注目制御点の近傍画像集合のいずれかの位置に設定する制御点探索位置設定手段と、

前記制御点探索位置設定手段により設定された制御点の位置に基づいて、結合閉曲線を設定する結合閉曲線設定手段と、

前記制御点探索位置設定手段により設定された位置の座標値を入力として前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される閉曲線評価関数値を記憶する閉曲線評価関数値記憶手段と、

前記結合閉曲線設定手段により設定された結合閉曲線の座標値を入力として前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される結合閉曲線評価関数値を記憶する結合閉曲線評価関数値記憶手段と、

前記閉曲線評価関数値記憶手段に記憶されている閉曲線評価関数値と、前記結合閉曲線評価関数値記憶手段に記憶されている結合閉曲線評価関数値との大小を比較し、評価関数値が一番小さい閉曲線を決定する評価関数値比較手段と、

前記評価関数値比較手段の比較結果に基づき、前記閉曲線評価関数値が最小の場合には、閉曲線の結合を伴わない通常の動的輪郭抽出を行い、結合閉曲線評価関数値が最小の場合には閉曲線の結合を行い、該結合の制御の結果を基に前記注目制御点の最適位置と、次に最適位置探索を行う次回注目制御点の座標を算出する結合実行制御

手段と、

前記結合実行制御手段において算出された最適位置へ前記注目制御点を更新する制御点最適位置決定手段と、

前記結合実行制御手段により算出された、次に最適位置探索を行う次回注目制御点の座標に最適探索対象制御点の座標を変更する最適位置探索対象制御点変更手段と、
前記注目閉曲線の動的輪郭抽出の終了を判定する注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段と、

前記入力画像に対する動的輪郭抽出の終了を判定する動的輪郭抽出終了判定手段と、

輪郭抽出の結果を出力する輪郭抽出結果出力手段とを有することを特徴とする動的輪郭抽出装置。

【請求項 8】 前記評価関数値比較手段による評価関数値の大小の比較は、

前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された注目閉曲線の評価関数値を $E I$ とし、

前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された、前記注目閉曲線と、該注目閉曲線に最も近接しその評価関数値が $E I I$ である閉曲線と、を結合してできる結合閉曲線の評価関数値を $E O$ として、

$$E O < E I + E I I$$

が満たされているか否かの比較であることを特徴とする請求項 7 記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 9】 前記結合閉曲線設定手段による結合閉曲線の設定は、

前記制御点探索位置設定手段により、前記注目制御点が前記近傍画像集合のいずれかの位置に設定される度に行うか、若しくは、

前記注目閉曲線における、前記注目制御点が位置している点の曲率が、所定の値より大きい場合にのみ行うことを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 10】 前記結合閉曲線設定手段による結合閉曲線の設定は、

該設定された結合閉曲線を構成する 1 つの制御点を、前記制御点探索位置設定手段により注目制御点の位置が設定される近傍画像集合の中のいずれか 1 つの画素位置にある制御点に選択することにより行われることを特徴とする請求項 7 から 9 のいずれかに記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 11】 前記制御点探索位置設定手段により注目制御点の位置が設定される近傍画像集合が、前記注目制御点の位置を中心として、上、下、左、右、左上、右上、左下、及び、右下に位置する 8 個の画素により構成されていることを特徴とする請求項 7 から 10 のいずれかに記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 12】 前記注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段による、注目閉曲線の輪郭抽出が終了したか否かの判定は、

前記注目閉曲線上の制御点の全てに対して、前記制御点

探索位置設定手段による位置の設定が行われたか否かにより判定されることを特徴とする請求項 7 から 1 1 のいずれかに記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 1 3】 入力画像を電気信号に変換する画像入力手段と、

前記入力画像に平滑化処理を行う画像整形手段と、

前記入力画像中に複数の閉曲線を設定し、該複数の閉曲線の中から動的輪郭抽出を行う注目閉曲線として 1 つの閉曲線を選択する注目閉曲線選択手段と、

前記注目閉曲線を構成する制御点を設定し、閉曲線の分割・結合機能の付与を制御し、閉曲線評価関数の重みの設定を行う閉曲線初期設定手段と、

前記注目閉曲線を構成する制御点の入力座標値から評価関数値を出力する動的輪郭抽出評価関数値計算手段と、前記注目閉曲線の初期位置に対して前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される評価関数値を記憶する初期評価関数値記憶手段と、

前記注目閉曲線を構成する制御点の中から注目する制御点を注目制御点として選択し、該選択された注目制御点の位置を該注目制御点の近傍画像集合のいずれかの位置に設定する制御点探索位置設定手段と、

前記制御点探索位置設定手段により設定された制御点の位置に基づいて、分割閉曲線を設定する分割閉曲線設定手段と、

前記制御点探索位置設定手段により設定された位置の座標値を入力として前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される閉曲線評価関数値を記憶する閉曲線評価関数値記憶手段と、

前記分割閉曲線設定手段により設定された分割閉曲線の座標値を入力として前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される分割閉曲線評価関数値を記憶する分割閉曲線評価関数値記憶手段と、

前記閉曲線評価関数値記憶手段に記憶されている閉曲線評価関数値と、前記分割閉曲線評価関数値記憶手段に記憶されている分割閉曲線評価関数値との大小を比較し、評価関数値が一番小さい閉曲線を決定する評価関数値比較手段と、

前記評価関数値比較手段の比較結果に基づき、前記閉曲線評価関数値が最小の場合には、閉曲線の分割を伴わない通常の動的輪郭抽出を行い、分割閉曲線評価関数値が最小の場合には閉曲線の分割を行い、該分割の制御の結果を基に前記注目制御点の最適位置と、次に最適位置探索を行う次回注目制御点の座標を算出する分割実行制御手段と、

前記分割実行制御手段による閉曲線の分割によって新たに生じた閉曲線を構成する制御点の座標値を記憶する分割生成閉曲線座標値記憶手段と、

前記分割実行制御手段において算出された最適位置へ前記注目制御点を更新する制御点最適位置決定手段と、

前記分割実行制御手段により算出された、次に最適位置

探索を行う次回注目制御点の座標に最適探索対象制御点の座標を変更する最適位置探索対象制御点変更手段と、前記注目閉曲線の動的輪郭抽出の終了を判定する注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段と、

前記入力画像に対する動的輪郭抽出の終了を判定する動的輪郭抽出終了判定手段と、

輪郭抽出の結果を出力する輪郭抽出結果出力手段とを有することを特徴とする動的輪郭抽出装置。

【請求項 1 4】 前記評価関数値比較手段による評価関数値の大小の比較は、

前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された注目閉曲線の評価関数値を E_1 とし、

前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された、注目閉曲線を 2 つに分割することにより生成された 2 つの分割閉曲線のそれぞれの評価関数値を E_1 、 E_2 とし、

$E_1 > E_1 + E_2$

が満たされているか否かの比較であることを特徴とする請求項 1 3 記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 1 5】 前記分割閉曲線設定手段による分割閉曲線の設定は、

前記制御点探索位置設定手段により前記近傍画像集合のいずれかの位置に注目制御点が設定される度に行うか、若しくは、

前記注目閉曲線における、前記注目制御点が位置している点の曲率が、所定の値より大きい場合にのみ行うことを特徴とする請求項 1 3 又は 1 4 に記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 1 6】 前記分割閉曲線設定手段による分割閉曲線の設定は、

該設定された分割閉曲線を構成する 1 つの制御点を、前記制御点探索位置設定手段により注目制御点の位置が設定される近傍画像集合の中のいずれか 1 つの画素位置にある制御点に選択することにより行われることを特徴とする請求項 1 3 から 1 5 のいずれかに記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 1 7】 前記制御点探索位置設定手段により注目制御点の位置が設定される近傍画像集合が、前記注目制御点の位置を中心として、上、下、左、右、左上、右上、左下、及び、右下に位置する 8 個の画素により構成されていることを特徴とする請求項 1 3 から 1 6 のいずれかに記載の動的輪郭抽出装置。

【請求項 1 8】 前記注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段による、注目閉曲線の輪郭抽出が終了したか否かの判定は、

前記注目閉曲線上の制御点の全てに対して、前記制御点探索位置設定手段による位置の設定が行われたか否かにより判定されることを特徴とする請求項 1 3 から 1 7 のいずれかに記載の動的輪郭抽出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は動的輪郭抽出装置に関し、特に動的輪郭抽出用閉曲線を分割、結合して物体の輪郭を抽出する動的輪郭抽出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】画像処理において、画像中の物体の輪郭を抽出する技術は非常に重要である。この従来の輪郭抽出技術の一つとして、M.Kassらによって提案された動的輪郭抽出法(Snakes)がある("Snakes:active contour mo

$E = E$ (閉曲線形状) + E (画像情報)

(1)

【0004】式(1)において、 E (閉曲線形状)は通常、閉曲線の全周長や各制御点での曲率の一周和といった閉曲線形状依存の数値の線形和を表し、 E (画像情報)は通常、各制御点における濃度勾配の絶対値の一周和が用いられる。これらの評価関数項には重み係数がかかり、通常その値は0、若しくは正の実数値であるが、画像情報に関する評価関数値項として濃度勾配の絶対値を用いた場合、画像情報に関する評価関数項の重み係数は0、若しくは負の実数値となる。

【0005】そして、この閉曲線の評価関数値 E が小さくなるように制御点の位置を修正することによって閉曲線の形状を変化させていき、対象とした物体の輪郭を抽出する。つまり、物体の輪郭に近づくにつれて値が小さくなる評価関数を用いた最小解探索が、動的輪郭抽出法である。

【0006】上述の最小解探索を行う従来の技術として、例えば、特開平6-139356号公報において開示された「輪郭抽出方法」がある。

【0007】この方法は、閉曲線の評価関数値が最小値をとる形状に閉曲線が素早く落ち着くように、動的輪郭抽出の1回の抽出ステップでの閉曲線の変形の大きさに制限を加える方法である。

【0008】また評価関数を用いた従来の輪郭抽出として、動的輪郭抽出方法以外にも、特開平6-150002号公報において開示された「画像セグメンテーション方法及びシェーディング補正方法」がある。

【0009】一般的に、画像処理では輪郭を抽出する方法として適当な閾値で画像を2値化するという方法がよく用いられるが、特開平6-150002号公報において開示された発明では、画像の個々の箇所では評価関数を設けて、通常の2値化では画像全体に対して1つだけ設定される閾値を画像の局所で異なるものにし、2値化を行うというものである。

【0010】動的輪郭抽出方法において、輪郭抽出が成功するか否かは、閉曲線の初期位置の設定の仕方に大きな影響を受ける。そこで、この影響について研究している美濃らは、輪郭抽出の対象物が複数(N_3 個)存在する場合にこれら N_3 個の物体全てを包含する閉曲線を初期閉曲線とし、輪郭抽出の過程で制御点間の距離がある閾値以下になるとその制御点どうしをつないで、閉曲線

del", International Journal of Computer Vision, Vol. 1.1, No. 4, pp. 321-331, 1988)。

【0003】この方法では、まず輪郭抽出対象の物体に対して閉曲線を与える。次に、この閉曲線を構成している画素(制御点)の座標値や画素値、微分画素値を用いて計算される評価関数を設定する。そして、全制御点で評価関数値を求めてその和をとり、この閉曲線の評価関数値とする。つまりこの閉曲線の評価関数値 E を以下のように定義する。

を分割させて輪郭抽出を続けていくという手法(公知例1)を提案した(美濃、坂口、池田、「SNAKE/パラメータの設定についての検討」、PRU90-21, pp43-49)。

【0011】この公知例1の動的輪郭抽出装置について図56を参照して説明する。図56に、公知例1の動的輪郭抽出装置の構成のブロック図を示す。この公知例1の構成の説明については、後述する本願発明に係る動的輪郭抽出装置の説明と重複しているので省略する。

【0012】また、分割閉曲線の他のモデルとして、特開平8-263666号公報において開示された「画像中の輪郭抽出・追跡方法」においては、閉曲線による輪郭抽出を終えた後、この閉曲線を2つの部分に分けて考えて、各々の閉曲線に沿った物体の平均輝度値の差がある閾値を越えた時に閉曲線を、この2つの部分に分けるようにしている(公知例2)。

【0013】この公知例2の動的輪郭抽出方法について、図57を参照して説明する。図57に、公知例2の動的輪郭抽出装置の構成のブロック図を示す。この公知例2の構成の説明については、後述する本願発明に係る動的輪郭抽出装置の説明と重複しているので省略する。

【0014】上述の公知例2の分割閉曲線モデルは、異なる物体の輪郭一周における平均輝度値は違う値を取るという仮定に基づいている。また公知例2では閉曲線の結合についてもモデルを提案している。公知例2の閉曲線の結合は、閉曲線を分割して2つの閉曲線になった場合に、画像のエッジ情報から曲線を生成して閉曲線と連結し、再び閉曲線にするというモデルである。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来技術では、本来1つであるはずの滑らかな輪郭をもつ物体に対して閉曲線を誤分割してしまう場合や、分割させるべき形状において分割することができない場合があるという第1の問題点と、複数の物体を個別に閉曲線で動的輪郭抽出している場合に、輪郭の重畳度の大きい2つの物体に対し、2つの閉曲線を1つの閉曲線に結合して動的輪郭抽出することができないという第2の問題点とを有する。

【0016】第1の問題点を、図58を参照して説明する。図58に、従来の動的輪郭抽出装置における輪郭抽出過程の概念図を示す。

【0017】従来技術では、図58の(a)の左端図のような輪郭に対しては閉曲線の分割を行い、次に、図58の(b)のような輪郭に対しては閉曲線の分割を行わないという、2つの区別した分割ができないということである。

【0018】上述の公知例1の方法では、閉曲線を構成している制御点の中でおたがいの距離があらかじめ設定された閾値を下回る2点が存在する場合に、その2点を結ぶ事により閉曲線の分割を実行しているので、2つの物体が一部重畳しているか非常に近接しているときは、例えば図58の(a)に示されるように、閉曲線を分割させて個別に輪郭を抽出することができる。

【0019】しかし、図58の(b)に示されるように、長円形でその中央部分がゆるやかにくびれているような一つの物体に対しては、制御点間の距離が閾値を下回る箇所があった場合に、無条件に閉曲線が分割してしまい、本来は滑らかに結合している1つの物体の形状であるのに、複数の輪郭線を生成してしまうという矛盾が生じる。

【0020】また、上述の公知例2の方法では、異なる物体は輪郭一周での平均輝度差の値が異なる、という前提をおいているので、輪郭一周での平均輝度差の値が同じ2つの物体(例えば、輪郭線の内側が完全に黒の2つの物体)が一部重畳もしくは非常に近接している場合には、閉曲線が分割して個別に輪郭を抽出することができない。

【0021】上述の第2の問題点を図58を参照して具体的に説明する。この第2の問題点は、図58の(c)に示されるように、複数の物体の輪郭を個別に閉曲線を設定し、動的輪郭の抽出を実行している際に、例えば物体の移動により2つの物体の重畳度が大きくなり、2つの閉曲線を1つに結合して出来る閉曲線が滑らかな場合に閉曲線を結合して動的輪郭抽出を行うということができない点である。

【0022】この点について、図59を参照してさらに詳細に説明する。図59は、従来の動的輪郭抽出装置における閉曲線の結合過程を示す概念図である。まず、公知例1の方法では結合閉曲線に対する考慮は行われていない。公知例2で提案されている閉曲線の結合は、図59の(a)のように動的輪郭抽出を行い、図59の(b)のように閉曲線を分割して閉曲線が閉曲線になった場合に、図59の(c)のように物体の輪郭情報から曲線を生成して図59の(d)のように閉曲線に戻すというモデルであり、これは閉曲線どうしの結合を行うというものではない。

【0023】本発明は上記事情に鑑みなされもので、従来技術で発生していた、本来1つであるはずの滑らかな輪郭をもつ物体に対して閉曲線を誤分割したり分割させるべき形状で分割出来ないという問題を除去し、本来1つであるはずの滑らかな輪郭をもつ物体に対して閉曲線

を分割せず、かつ、分割させるべき形状に対しては分割することが可能な動的輪郭抽出装置を提供することを目的とする。

【0024】また、従来技術で発生していた、複数の物体を個別に閉曲線で動的輪郭抽出している場合に、輪郭重畳度の大きい2つの物体に対し、2つの閉曲線を1つの閉曲線に結合して動的輪郭抽出することが出来ないという問題を除去し、複数の物体を個別に閉曲線で動的輪郭抽出している場合に、輪郭の重畳度の大きい2つの物体に対し、2つの閉曲線を1つの閉曲線に結合して動的輪郭抽出することが可能な動的輪郭抽出装置を提供することを目的とする。

【0025】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、入力画像を電気信号に変換する画像入力手段と、前記入力画像に平滑化処理を行う画像整形手段と、前記入力画像中に複数の閉曲線を設定し、該複数の閉曲線の中から動的輪郭抽出を行う注目閉曲線として1つの閉曲線を選択する注目閉曲線選択手段と、前記注目閉曲線を構成する制御点を設定し、閉曲線の分割・結合機能の付与を制御し、閉曲線評価関数の重みの設定を行う閉曲線初期設定手段と、前記注目閉曲線を構成する制御点の入力座標値から評価関数値を出力する動的輪郭抽出評価関数値計算手段とを有する。

【0026】さらに、前記注目閉曲線の初期位置に対して前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される評価関数値を記憶する初期評価関数値記憶手段と、前記注目閉曲線を構成する制御点の中から注目する制御点を注目制御点として選択し、該選択された注目制御点の位置を該注目制御点の近傍画像集合のいずれかの位置に設定する制御点探索位置設定手段と、前記制御点探索位置設定手段により設定された制御点の位置に基づいて、分割閉曲線と結合閉曲線とを設定する分割・結合閉曲線設定手段と、前記制御点探索位置設定手段により設定された位置の座標値を入力として前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される閉曲線評価関数値を記憶する閉曲線評価関数値記憶手段とを有する。

【0027】さらに、前記分割・結合閉曲線設定手段により、設定された分割閉曲線の座標値、及び、結合閉曲線の座標値を入力として前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される分割閉曲線評価関数値、及び、結合閉曲線評価関数値を記憶する分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段と、前記閉曲線評価関数値記憶手段に記憶されている閉曲線評価関数値と、前記分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段に記憶されている分割閉曲線評価関数値と、結合閉曲線評価関数値との大小を比較し、評価関数値が一番小さい閉曲線を決定する評価関数値比較手段と、前記評価関数値比較手段の比較結果に基づき、前記閉曲線評価関数値が最小の場合には、閉曲線の分割・結合を伴わない通常の動的輪郭抽出を行い、分

閉曲線評価関数値が最小の場合には閉曲線の分割を行い、結合閉曲線評価関数値が最小の場合には閉曲線の結合を行い、これらの分割・結合の制御の結果を基に前記注目制御点の最適位置と、次に最適位置探索を行う次回注目制御点の座標を算出する分割・結合実行制御手段とを有する。

【0028】さらに、前記分割・結合実行制御手段による閉曲線の分割によって新たに生じた閉曲線を構成する制御点の座標値を記憶する分割生成閉曲線座標値記憶手段と、前記分割・結合実行制御手段において算出された最適位置へ前記注目制御点を更新する制御点最適位置決定手段と、前記分割・結合実行制御手段により算出された、次に最適位置探索を行う次回注目制御点の座標に最適探索対象制御点の座標を変更する最適位置探索対象制御点変更手段と、前記注目閉曲線の動的輪郭抽出の終了を判定する注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段と、前記入力画像に対する動的輪郭抽出の終了を判定する動的輪郭抽出終了判定手段と、輪郭抽出の結果を出力する輪郭抽出結果出力手段とを有することを特徴とする。

【0029】請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記評価関数値比較手段による評価関数値の大小の比較は、前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された注目閉曲線の評価関数値を $E1$ とし、前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された、注目閉曲線を2つに分割することにより生成された2つの分割閉曲線のそれぞれの評価関数値を $E1$ 、 $E2$ とし、前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された、前記注目閉曲線と、該注目閉曲線に最も近接しその評価関数値が $E1$ である閉曲線と、を結合してできる結合閉曲線の評価関数値を $E0$ として、注目閉曲線の分割を判断する際は、 $E1 > E1 + E2$ が満たされているか否かの比較であり、注目閉曲線の結合を判断する際は、 $E0 < E1 + E1$ が満たされているか否かの比較であることを特徴とする。

【0030】請求項3記載の発明は、請求項1又は2に記載の発明において、前記分割・結合閉曲線設定手段による分割閉曲線、及び、結合閉曲線の設定は、前記制御点探索位置設定手段により、前記注目制御点が前記近傍画像集合のいずれかの位置に設定される度に行うか、若しくは、前記注目閉曲線における、前記注目制御点が位置している点の曲率が、所定の値より大きい場合にのみ行うことを特徴とする。

【0031】請求項4記載の発明は、請求項1から3のいずれかに記載の発明において、前記分割・結合閉曲線設定手段による分割閉曲線、及び、結合閉曲線の設定は、該設定された分割閉曲線、及び、結合閉曲線を構成する1つの制御点を、前記制御点探索位置設定手段により注目制御点の位置が設定される近傍画像集合の中のいずれか1つの画素位置にある制御点に選択することにより行われることを特徴とする。

【0032】請求項5記載の発明は、請求項1から4のいずれかに記載の発明において、前記制御点探索位置設定手段により注目制御点の位置が設定される近傍画像集合が、前記注目制御点の位置を中心として、上、下、左、右、左上、右上、左下、及び、右下に位置する8個の画素により構成されていることを特徴とする。

【0033】請求項6記載の発明は、請求項1から5のいずれかに記載の発明において、前記注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段による、注目閉曲線の輪郭抽出が終了したか否かの判定は、前記注目閉曲線上の制御点の全てに対して、前記制御点探索位置設定手段による位置の設定が行われたか否かにより判定されることを特徴とする。

【0034】請求項7記載の発明は、入力画像を電気信号に変換する画像入力手段と、前記入力画像に平滑化処理を行う画像整形手段と、前記入力画像中に複数の閉曲線を設定し、該複数の閉曲線の中から動的輪郭抽出を行う注目閉曲線として1つの閉曲線を選択する注目閉曲線選択手段と、前記注目閉曲線を構成する制御点を設定し、閉曲線の分割・結合機能の付与を制御し、閉曲線評価関数の重みの設定を行う閉曲線初期設定手段と、前記注目閉曲線を構成する制御点の入力座標値から評価関数値を出力する動的輪郭抽出評価関数値計算手段とを有する。

【0035】さらに、前記注目閉曲線の初期位置に対して前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される評価関数値を記憶する初期評価関数値記憶手段と、前記注目閉曲線を構成する制御点の中から注目する制御点を注目制御点として選択し、該選択された注目制御点の位置を該注目制御点の近傍画像集合のいずれかの位置に設定する制御点探索位置設定手段と、前記制御点探索位置設定手段により設定された制御点の位置に基づいて、結合閉曲線を設定する結合閉曲線設定手段とを有する。

【0036】さらに、前記制御点探索位置設定手段により設定された位置の座標値を入力として前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される閉曲線評価関数値を記憶する閉曲線評価関数値記憶手段と、前記結合閉曲線設定手段により設定された結合閉曲線の座標値を入力として前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される結合閉曲線評価関数値を記憶する結合閉曲線評価関数値記憶手段と、前記閉曲線評価関数値記憶手段に記憶されている閉曲線評価関数値と、前記結合閉曲線評価関数値記憶手段に記憶されている結合閉曲線評価関数値との大小を比較し、評価関数値が一番小さい閉曲線を決定する評価関数値比較手段と、前記評価関数値比較手段の比較結果に基づき、前記閉曲線評価関数値が最小の場合には、閉曲線の結合を伴わない通常の動的輪郭抽出を行い、結合閉曲線評価関数値が最小の場合には閉曲線の結合を行い、該結合の制御の結果を基に前記注目制御点の最適位置と、次に最適位置探索を行う次回注目

制御点の座標を算出する結合実行制御手段とを有する。

【0037】さらに、前記結合実行制御手段において算出された最適位置へ前記注目制御点を更新する制御点最適位置決定手段と、前記結合実行制御手段により算出された、次に最適位置探索を行う次回注目制御点の座標に最適探索対象制御点の座標を変更する最適位置探索対象制御点変更手段と、前記注目閉曲線の動的輪郭抽出の終了を判定する注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段と、前記入力画像に対する動的輪郭抽出の終了を判定する動的輪郭抽出終了判定手段と、輪郭抽出の結果を出力する輪郭抽出結果出力手段とを有することを特徴とする。

【0038】請求項8記載の発明は、請求項7記載の発明において、前記評価関数値比較手段による評価関数値の大小の比較は、前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された注目閉曲線の評価関数値をE Iとし、前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された、前記注目閉曲線と、該注目閉曲線に最も近接しその評価関数値がE I Iである閉曲線と、を結合してできる結合閉曲線の評価関数値をE Oとして、 $E O < E I + E I I$ が満たされているか否かの比較であることを特徴とする。

【0039】請求項9記載の発明は、請求項7又は8に記載の発明において、前記結合閉曲線設定手段による結合閉曲線の設定は、前記制御点探索位置設定手段により、前記注目制御点が前記近傍画像集合のいずれかの位置に設定される度に行うか、若しくは、前記注目閉曲線における、前記注目制御点が位置している点の曲率が、所定の値より大きい場合にのみ行うことを特徴とする。

【0040】請求項10記載の発明は、請求項7から9のいずれかに記載の発明において、前記結合閉曲線設定手段による結合閉曲線の設定は、該設定された結合閉曲線を構成する1つの制御点を、前記制御点探索位置設定手段により注目制御点の位置が設定される近傍画像集合の中のいずれか1つの画素位置にある制御点に選択することにより行われることを特徴とする。

【0041】請求項11記載の発明は、請求項7から10のいずれかに記載の発明において、前記制御点探索位置設定手段により注目制御点の位置が設定される近傍画像集合が、前記注目制御点の位置を中心として、上、下、左、右、左上、右上、左下、及び、右下に位置する8個の画素により構成されていることを特徴とする。

【0042】請求項12記載の発明は、請求項7から11のいずれかに記載の発明において、前記注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段による、注目閉曲線の輪郭抽出が終了したか否かの判定は、前記注目閉曲線上の制御点の全てに対して、前記制御点探索位置設定手段による位置の設定が行われたか否かにより判定されることを特徴とする。

【0043】請求項13記載の発明は、入力画像を電気信号に変換する画像入力手段と、前記入力画像に平滑化

処理を行う画像整形手段と、前記入力画像中に複数の閉曲線を設定し、該複数の閉曲線の中から動的輪郭抽出を行う注目閉曲線として1つの閉曲線を選択する注目閉曲線選択手段と、前記注目閉曲線を構成する制御点を設定し、閉曲線の分割・結合機能の付与を制御し、閉曲線評価関数の重みの設定を行う閉曲線初期設定手段と、前記注目閉曲線を構成する制御点の入力座標値から評価関数値を出力する動的輪郭抽出評価関数値計算手段とを有する。

【0044】さらに、前記注目閉曲線の初期位置に対して前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される評価関数値を記憶する初期評価関数値記憶手段と、前記注目閉曲線を構成する制御点の中から注目する制御点を注目制御点として選択し、該選択された注目制御点の位置を該注目制御点の近傍画像集合のいずれかの位置に設定する制御点探索位置設定手段と、前記制御点探索位置設定手段により設定された制御点の位置に基づいて、分割閉曲線を設定する分割閉曲線設定手段と、前記制御点探索位置設定手段により設定された位置の座標値を入力として前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される閉曲線評価関数値を記憶する閉曲線評価関数値記憶手段とを有する。

【0045】さらに、前記分割閉曲線設定手段により設定された分割閉曲線の座標値を入力として前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段によって出力される分割閉曲線評価関数値を記憶する分割閉曲線評価関数値記憶手段と、前記閉曲線評価関数値記憶手段に記憶されている閉曲線評価関数値と、前記分割閉曲線評価関数値記憶手段に記憶されている分割閉曲線評価関数値との大小を比較し、評価関数値が一番小さい閉曲線を決定する評価関数値比較手段と、前記評価関数値比較手段の比較結果に基づき、前記閉曲線評価関数値が最小の場合には、閉曲線の分割を伴わない通常の動的輪郭抽出を行い、分割閉曲線評価関数値が最小の場合には閉曲線の分割を行い、該分割の制御の結果を基に前記注目制御点の最適位置と、次に最適位置探索を行う次回注目制御点の座標を算出する分割実行制御手段とを有する。

【0046】さらに、前記分割実行制御手段による閉曲線の分割によって新たに生じた閉曲線を構成する制御点の座標値を記憶する分割生成閉曲線座標値記憶手段と、前記分割実行制御手段において算出された最適位置へ前記注目制御点を更新する制御点最適位置決定手段と、前記分割実行制御手段により算出された、次に最適位置探索を行う次回注目制御点の座標に最適探索対象制御点の座標を変更する最適位置探索対象制御点変更手段とを有する。

【0047】さらに、前記注目閉曲線の動的輪郭抽出の終了を判定する注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段と、前記入力画像に対する動的輪郭抽出の終了を判定する動的輪郭抽出終了判定手段と、輪郭抽出の結果を出力する輪

郭抽出結果出力手段とを有することを特徴とする。

【0048】請求項 1 4 記載の発明は、請求項 1 3 記載の発明において、前記評価関数値比較手段による評価関数値の大小の比較は、前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された注目閉曲線の評価関数値を $E 1$ とし、前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段により出力された、注目閉曲線を 2 つに分割することにより生成された 2 つの分割閉曲線のそれぞれの評価関数値を $E 1$ 、 $E 2$ として、 $E 1 > E 1 + E 2$ が満たされているか否かの比較であることを特徴とする。

【0049】請求項 1 5 記載の発明は、請求項 1 3 又は 1 4 に記載の発明において、前記分割閉曲線設定手段による分割閉曲線の設定は、前記制御点探索位置設定手段により前記近傍画像集合のいずれかの位置に注目制御点が設定される度に行うか、若しくは、前記注目閉曲線における、前記注目制御点が位置している点の曲率が、所定の値より大きい場合にのみ行うことを特徴とする。

【0050】請求項 1 6 記載の発明は、請求項 1 3 から 1 5 のいずれかに記載の発明において、前記分割閉曲線設定手段による分割閉曲線の設定は、該設定された分割閉曲線を構成する 1 つの制御点を、前記制御点探索位置設定手段により注目制御点の位置が設定される近傍画像集合の中のいずれか 1 つの画素位置にある制御点に選択することにより行われることを特徴とする。

【0051】請求項 1 7 記載の発明は、請求項 1 3 から 1 6 のいずれかに記載の発明において、前記制御点探索位置設定手段により注目制御点の位置が設定される近傍画像集合が、前記注目制御点の位置を中心として、上、下、左、右、左上、右上、左下、及び、右下に位置する 8 個の画素により構成されていることを特徴とする。

【0052】請求項 1 8 記載の発明は、請求項 1 3 から 1 7 のいずれかに記載の発明において、前記注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段による、注目閉曲線の輪郭抽出が終了したか否かの判定は、前記注目閉曲線上の制御点の全てに対して、前記制御点探索位置設定手段による位置の設定が行われたか否かにより判定されることを特徴とする。

【0053】以下に、課題を解決するための手段について、さらに詳細に説明する。本発明の動的輪郭抽出装置では、閉曲線の分割や結合の判断を、例えば、制御点の最適位置探索毎に行う（最適位置を探索している制御点を注目制御点と呼ぶ）。

【0054】より詳細に説明すると、通常の動的輪郭抽出法では画像中に複数の閉曲線を設定しその中から動的輪郭抽出をおこなう閉曲線を選び（選ばれた閉曲線を注目閉曲線と呼ぶ）、選ばれた注目閉曲線上の注目制御点の最適位置を閉曲線評価関数値が小さくなるように更新した後で、注目制御点のすぐ隣の制御点（これを隣接制御点と呼ぶ）を次に最適位置を探索する制御点（次回注目制御点と呼ぶ）としてその最適位置探索に移るとい

処理を順次繰り返していく（この処理方法をGreedyアルゴリズムと呼ぶ）。

【0055】本発明の動的輪郭抽出装置においては発明の課題を解決するために、本発明に係る動的輪郭抽出装置の第 1 の実施形態の構成を示す図 1 に示されるように、閉曲線の制御点座標に対して評価関数値を計算する動的輪郭抽出評価関数値計算手段 1 0 と、注目制御点の最適位置を探索するための注目制御点を自身の近傍画素に順次あてはめていく制御点探索位置設定手段 6 と、制御点があてはめられている位置を基に分割や結合してできる閉曲線の制御点座標を計算する分割・結合閉曲線設定手段 7 と、制御点探索位置設定手段 6 であてはめられている注目制御点の位置での閉曲線の評価関数値を算出し記憶する閉曲線評価関数値記憶手段 8 とを有する。

【0056】さらに、分割・結合閉曲線設定手段 7 で計算した分割・結合閉曲線の評価関数値を算出して記憶する分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段 9 と、算出された閉曲線評価関数値および分割・結合閉曲線評価関数値を比較する評価関数値比較手段 1 1 と、その比較の結果、分割や結合の実行の可否を判定し、注目制御点の最適位置および次回注目制御点を決定する分割・結合実行制御手段 1 2 と、分割の結果生成された閉曲線の座標を記憶する分割生成閉曲線座標値記憶手段 1 3 と、注目制御点を分割・結合実行手段で算出した最適位置へ更新する制御点最適位置決定手段 1 4 と、注目制御点を次回注目制御点に変更する最適位置探索対象制御点変更手段 1 5 と、注目閉曲線の輪郭中止油津の終了を判定する注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段 1 6 と、輪郭抽出の終了を判定する輪郭抽出終了判定手段 1 7 とを有し、これらの手段からなる動的輪郭抽出手段 2 0 によって輪郭抽出を行う。

【0057】本発明の動的輪郭抽出装置では、注目制御点は自身の近傍画素に順次あてはめられる。そして、近傍画素の一つにあてはめられた注目制御点とその他の全制御点の座標値に対して、動的輪郭抽出評価関数値計算手段 1 0 を用いて分割や結合を行う前の閉曲線の評価関数値 $E 1$ を計算し、この $E 1$ を閉曲線評価関数値記憶手段 8 に記憶しておく。

【0058】閉曲線の分割に関しては、注目制御点を分割線の端点として閉曲線を二分した際にできる二つの閉曲線の座標値を分割・結合閉曲線設定手段 9 で計算し、その座標値を基に動的輪郭抽出評価関数値計算手段 1 0 を用いて評価関数値 $E 1$ 、 $E 2$ を算出し、

$$E 1 > E 1 + E 2 \quad (2)$$

が満たされるかどうかを評価関数値比較手段 1 1 で比較する。式 (2) が満たされるなら分割・結合実行制御手段 1 2 において、 $E 1 + E 2$ が最小となる分割線によって閉曲線を分割し、その際に注目制御点があてはめられている近傍画素の座標を注目制御点の最適位置、分割線の端点のうち注目制御点でない方の点を次回注目制御点

とする。式(2)が成り立たない時は、次回注目制御点は隣接制御点とし、注目制御点の最適位置もE I が小さくなる点をもって最適位置とする。

【0059】閉曲線の結合に関しては、注目制御点を含む閉曲線 I (評価関数値はE I) に最も近接している閉曲線 I I (評価関数値はE I I) に対して、注目制御点を結合点候補 C 1 とした上で、分割・結合閉曲線設定手段 1 2 において閉曲線 I から結合点候補 C 2、閉曲線 I I から結合点候補 C 1'、C 2' を選び、C 1 と C 1'、C 2 と C 2' とを結んでできる結合閉曲線 O に対して動的輪郭抽出評価関数値計算手段 1 0 を用いて評価関数値 E 0 を計算する。そして、その値 E 0 を用いて、 $E 0 < E I + E I I$ (3)

が満たされるか否かを評価関数値比較手段 1 1 で比較する。式(3)が満たされるなら分割・結合実行手段 1 2 において、E 0 が最小となる結合線によって二つの閉曲線 I、I I は一つの閉曲線 O に結合され、その時に注目制御点があてはめられている近傍画素の座標を注目制御点の最適位置、結合点 C 1' を次回注目制御点とする。式(3)が成り立たない場合は、次回注目制御点は隣接制御点とし、注目制御点の最適位置もE I が小さくなる点をもって最適位置とする。

【0060】

【発明の実施の形態】次に、図面を参照して、本発明に係る動的輪郭抽出装置の実施形態について、詳細に説明する。

【0061】図 1 に、本発明に係る動的輪郭抽出装置の第 1 の実施形態の構成のブロック図を示す。

【0062】図 1 に示されるように、この第 1 の実施形態に係る動的輪郭抽出装置は、画像を取り込み、それを電気的な信号にする画像入力手段 1 と、電気的信号に変換された入力画像に対して 2 値化や平滑化などを行う画像整形手段 2 と、画像中に複数の閉曲線を設定し、その中から動的輪郭抽出を行う注目閉曲線を選択する注目閉曲線選択手段 3 と、注目閉曲線上に制御点を設定したり、閉曲線の分割・結合機能の付与の制御などを行う閉曲線初期設定手段 4 と、閉曲線の形状を輪郭抽出対象物体の輪郭に近づけていく動的輪郭抽出手段 2 0 と、入力画像に対する動的輪郭抽出の終了を判定する動的輪郭抽出終了判定手段 1 7 と、輪郭抽出の結果を出力する輪郭抽出結果出力手段 1 8 とから構成される。

【0063】また、動的輪郭抽出手段 2 0 は、入力座標値から評価関数値を出力する動的輪郭抽出評価関数値計算手段 1 0 と、注目閉曲線の初期位置に対して前記動的輪郭抽出評価関数値計算手段 1 0 によって出力される評価関数値を記憶する初期評価関数値記憶手段 5 と、注目制御点の最適位置を探索するために注目制御点を自身の近傍画素に順次設定する制御点探索位置設定手段 6 と、この制御点探索位置設定手段 6 で設定された制御点から分割閉曲線と結合閉曲線とを設定する分割・結合閉曲線

設定手段 7 と、上述の制御点探索位置設定手段 6 において設定された座標値を入力として動的輪郭抽出評価関数値計算手段 1 0 によって出力される評価関数値を記憶する閉曲線評価関数値記憶手段 8 とを有する。

【0064】さらに、分割・結合閉曲線設定手段 7 で設定された分割・結合閉曲線座標値を入力として動的輪郭抽出評価関数値計算手段 1 0 によって出力される評価関数値を記憶する分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段 9 と、閉曲線評価関数値記憶手段 8 に記憶されている閉曲線評価関数値と分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段 9 に記憶されている分割閉曲線評価関数値と結合閉曲線評価関数値との大小を比較して一番小さい閉曲線を決定する評価関数値比較手段 1 1 と、この評価関数値比較手段 1 1 の比較結果を基に閉曲線評価関数値が最小の場合には、閉曲線の分割・結合を伴わない通常の動的輪郭抽出を行い、分割閉曲線評価関数値が最小の場合には、閉曲線の分割を行い、結合閉曲線評価関数値が最小の場合には閉曲線の結合を行い、これらの分割・結合の制御の結果を基に注目制御点の最適位置と、次に最適位置探索を行う制御点の座標を算出する分割・結合実行制御手段 1 2 とを有する。

【0065】さらに、閉曲線の分割によって新たに生じた閉曲線の構成制御点座標値を記憶する分割生成閉曲線座標値記憶手段 1 3 と、分割・結合実行制御手段 1 2 において算出された最適位置へ注目制御点を更新する制御点最適位置決定手段 1 4 と、分割・結合実行制御手段 1 2 において算出された次に最適位置探索を行う制御点の座標に最適位置探索対象制御点を変更する最適位置探索対象制御点変更手段 1 5 と、注目閉曲線の動的輪郭抽出の終了を判定する注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段 1 6 とから構成される。

【0066】公知例 1 を示す、図 5 6、及び、公知例 2 を示す図 5 7 を参照すると分かるように、本発明に係る動的輪郭抽出装置において、図 1 の粗い破線で囲まれている動的輪郭抽出手段 2 0 中の細かい破線で囲まれた部分 4 0 が新規発明部分となっている。

【0067】次に、図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の実施形態の動作について、以下に説明する。

【0068】図 1 に示すように、本発明に係る動的輪郭抽出装置は、画像入力手段 1、画像整形手段 2、注目閉曲線選択手段 3、閉曲線初期設定手段 4、動的輪郭抽出手段 2 0、動的輪郭抽出終了判定手段 1 7、輪郭抽出結果出力手段 1 8 とから構成されている。

【0069】画像入力手段 1 では画像を電気的信号に変換し、各画素の画素値として記憶する。

【0070】画像整形手段 2 では画像入力手段 1 で電気的信号化された画像に対してノイズ除去のための平滑化を行う。

【0071】注目閉曲線選択手段 3 では画像中に複数の閉曲線を設定し、設定された閉曲線の中から動的輪郭抽

出を行う閉曲線（注目閉曲線）を 1 つ選択して、この選択した閉曲線を第 1 の閉曲線とする。

【0072】閉曲線初期設定手段 4 では、第 1 の閉曲線への分割・結合機能の付与を制御し、前述の閉曲線選択手段 3 において選択された第 1 の閉曲線上に N 個の制御点を設定して、その座標値を記憶する。

【0073】動的輪郭抽出手段 20 では制御点最適位置探索と最適位置への制御点への移動を、注目閉曲線上の全ての制御点について行う。

【0074】初期評価関数値記憶手段 5 では、閉曲線構成制御点座標値を基に閉曲線の評価関数値を計算する動的輪郭抽出評価関数値計算手段 10 を用いて、閉曲線初期設定手段 4 で与えられた閉曲線の初期位置に対する評価関数値を計算し、その出力値を記憶する。

【0075】制御点探索位置設定手段 6 では、注目制御点の最適位置を探索するために注目制御点を自身の近傍画素に順次設定し、全制御点の座標値を記憶する。

【0076】閉曲線評価関数値記憶手段 8 では、制御点探索位置設定手段 6 で記憶された制御点の座標値と動的輪郭抽出評価関数値計算手段 10 を用いて第 1 の閉曲線の評価関数値（閉曲線の分割の場合は（2）式の E1、閉曲線の結合の場合は（3）式の E1 になる）を計算し、その値を記憶する。

【0077】分割・結合閉曲線設定手段 7 では、制御点探索位置設定手段 6 で設定された注目制御点の探索位置から閉曲線を分割、若しくは結合すると仮定した場合の閉曲線の構成制御点を設定する。分割を仮定する場合は、第 1 の閉曲線を注目制御点から 2 つに分割して出来る第 2 の閉曲線および第 3 の閉曲線を設定する。結合を仮定する場合は、第 1 の閉曲線に最も近い第 4 の閉曲線を用い、注目制御点を結合線の端点として結合閉曲線（第 5 の閉曲線とする）を設定する。そして第 2、第 3、第 4、第 5 の閉曲線の構成制御点の座標値を記憶する。

【0078】分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段 9 では、分割・結合閉曲線設定手段 7 で記憶された分割・結合閉曲線の座標値と動的輪郭抽出評価関数値計算手段 10 を用いて、閉曲線の分割の場合は第 2 の閉曲線の評価関数値（（2）式の E1）と、第 3 の閉曲線の評価関数値（（2）式の E2）を計算し、結合の場合は第 4 の閉曲線の評価関数値（（3）式の E11）と第 5 の閉曲線の評価関数値（（3）式の E0）を計算し、それらの結果を記憶する。

【0079】評価関数値比較手段 11 では、閉曲線評価関数値記憶手段 8、及び、分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段 9 に記憶されている評価関数値を用いて、

（2）式、（3）式が満たされているか否かが判定される。

【0080】分割・結合実行制御手段 12 では、評価関数値比較手段 11 の結果を基に閉曲線の分割、結合を制

御し、注目制御点の最適位置および次回注目制御点を算出する。

【0081】分割生成閉曲線座標値記憶手段 13 では、閉曲線の分割が実行された場合に生じる第 3 の閉曲線の座標値を記憶する。

【0082】制御点最適位置決定手段 14 では、分割・結合実行制御手段 12 で算出された最適位置へ注目制御点を移動させる。

【0083】最適位置探索対象制御点変更手段 15 では、最適位置探索が閉曲線を一巡していない場合、分割・結合実行制御手段 12 で算出された次回注目制御点の座標へ注目制御点を変更する。最適位置探索が閉曲線を一巡した場合は、注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段 16 に処理を進める。

【0084】注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段 16 では、注目閉曲線の動的輪郭抽出が終了したか否かが判定される。終了していないと判定された場合は、制御点探索位置設定手段 6 から最適位置探索対象終了判定手段 15 までの処理が繰り返される。終了したと判定された場合は、動的輪郭抽出終了判定手段 17 に処理を進める。

【0085】動的輪郭抽出終了判定手段 17 では、入力画像に対する動的輪郭抽出の終了の可否が判定される。終了条件が満たされない場合は、注目閉曲線を変更して注目閉曲線選択手段 3 から注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段 16 までの処理が繰り返される。終了条件が満たされた場合は、動的輪郭抽出の結果を出力する。

【0086】輪郭抽出結果出力手段 18 では、動的輪郭抽出終了判定手段 17 の出力結果を表示する。

【0087】次に、図 1 に示される本発明に係る動的輪郭抽出装置の第 1 の実施形態の第 1 の動作例について、図 2～図 10 を参照して説明する。

【0088】この第 1 の動作例は閉曲線の分割と結合とを同時に行い、閉曲線の分割の結果生成された閉曲線に対しても、分割と結合を伴う動的輪郭抽出を行う動作例である。

【0089】図 2 は図 1 に示されるブロック図のうち、注目閉曲線選択手段 3 と動的輪郭抽出用の閉曲線初期設定手段 4 と動的輪郭抽出手段 20 と動的輪郭抽出終了判定手段 17 の動作を示すフローチャートである。

【0090】また、図 3 は、図 2 のステップ A12 の動作を示したフローチャートであり、図 4、及び図 5 は、図 2 のステップ A8 の動作を示したフローチャートであり、図 6、及び図 7 は、図 5 のステップ A50 の動作を示したフローチャートであり、図 8 は、図 6 のステップ A77 の動作を示したフローチャートであり、図 9、及び図 10 は、図 6 のステップ A78 の動作を示したフローチャートである。

【0091】まず、図 2 に示されるフローチャートについて説明する。まずステップ A1 では、入力画像に対して動的輪郭抽出を行う閉曲線の延べ総数の上限値 Limit

・ tot・loopが指定される。

【0092】ステップA2では、動的輪郭抽出を実行した閉曲線の延べ総数をカウントする変数tot・loopの値が1に初期化される。ステップA3では、画像中に複数の閉曲線(L個)が設定され、これら設定された閉曲線が初期閉曲線群となる。

【0093】ステップA4では、閉曲線の分割の結果生成される分割生成閉曲線の構成制御点座標を保存するために、大きさがID×PDの2次元配列Fが用意され、その要素値がすべて-1に初期化される。

【0094】ステップA5では個々の分割生成閉曲線をラベルづけするための変数kkが1に初期化される。ステップA6では、ステップA3で設定された初期閉曲線群の中で、動的輪郭抽出の注目閉曲線として選択されていないものの存在が判定され、存在する場合(Yes)にはステップA7に、存在しない場合(No)はステップA12に処理が移る。

【0095】ステップA7では、初期閉曲線群の中で注目閉曲線として未選択のものが1つ、注目閉曲線と選択され、この閉曲線が閉曲線Iとされる。ステップA12では、分割生成閉曲線に対して動的輪郭抽出を行う際に配列Fを使用するために、配列Fのうち初期化されたままで未変更のものを除き、全て配列tempに複写される。ステップA13では、配列temp表される閉曲線群が初期閉曲線群となり、その個数elmがステップA14で初期閉曲線群の個数Lとされる(ステップA1～A7、A12～A14は図1の注目閉曲線選択手段3の動作である。以下、各ステップの動作を行う手段については、単に名称を記載するのみとする。)

【0096】ステップA8では、注目閉曲線に対して動的輪郭抽出が行われ、輪郭抽出終了後の構成制御点の座標値配列C'と分割生成閉曲線の構成制御点の座標配列Fが出力される(ステップA8は図1の閉曲線初期設定手段4、及び動的輪郭抽出手段20)。

【0097】ステップA9では、配列C'を次に選択される注目閉曲線の動的輪郭抽出に使用するために、その値が閉曲線座標配列Rに複写される。ステップA10では、変数tot・loopに1が加算され、ステップA11でtot・loopとLimit・tot・loopの大小関係が判定される。tot・loopの方が小さい場合(No)は処理がステップA6に移り、tot・loopの方が大きい場合(Yes)は、動的輪郭抽出を終了して、ステップA15で配列Rを出力する(ステップA9～A17は動的輪郭抽出終了判定手段17)。

【0098】次に、図2のステップA12の動作を図3に示されるフローチャートを参照して説明する。

【0099】図3に示されるように、まず、ステップA25では配列Fの添字kk、kk'および配列tempの添字kk、kkk'が全て1に初期化される。ステップA26ではkkが配列Fの第1添字の上限値IDと同じか否かが判定

される。同じ場合(Yes)はステップA33で、配列tempの第1添字の最大値を変数elmの値として動作を終了する。同じでない場合(No)は、ステップA27に処理が進む。

【0100】ステップA27では配列Fの要素値が初期値の-1と同じか否かが判定される。同じ場合(Yes)はステップA30に、違う場合(No)はステップA28に処理が進む。ステップA28では、配列tempの要素に配列Fの要素値を代入し、ステップA29で添字kk'、kkk'にそれぞれ1が加算されてステップA27に処理を戻す。

【0101】ステップA30ではkk'が1と同じか否かが判定されて、同じ場合(Yes)はステップA31に、違う場合(No)はステップA32に処理を進める。ステップA31では、配列Fの第1添字kkにのみ1を加算してステップA26に処理を戻す。ステップA32ではkk、kkk'にそれぞれ1を加算し、kk'、kkk'の値を1にしてステップA26以下の処理を繰り返す。

【0102】次に、図2のステップA8の動作を図4、及び図5に示されるフローチャートを用いて説明する。ただし、図4、及び、図5に示されるように、フローチャート中の同じ英数字番号は、そのフローチャートにおいて連結していることを示す。以下のフローチャートにおいて同じである。

【0103】図4に示されるように、ステップA40では、注目閉曲線(閉曲線I)上にN個の制御点が設定されその初期位置が計算される。その際、初期位置の座標値は入力画像をラスタ走査した時の走査順番号のような非負値で与えられる(図1の閉曲線初期設定手段4)。

【0104】ステップA41では、N個の制御点の座標情報と図1に示される動的輪郭抽出評価関数値計算手段10を用いて閉曲線Iの評価関数の初期値が計算され、その値がE'に保存される。ステップA42では制御点の最適位置への更新が一巡した場合を、動的輪郭の計算回数の1回分としたときの計算回数の上限值Nlimitが決める。ステップA43では、動的輪郭抽出の計算回数をカウントする変数cntの値が初期化される(ステップA41～A43は図1に示される初期評価関数値記憶手段5)。

【0105】ステップA44ではN個の制御点の番号づけが行われ、その座標が配列Cに保存される(図1の制御点探索位置設定手段6)。ステップA45では閉曲線IのN番目の制御点の座標を変数LASTに保存する(図1の制御点探索位置設定手段6)。ステップA46では閉曲線Iに最も近接している閉曲線が探索されて、該当する閉曲線を閉曲線I1とする(図1の制御点探索位置設定手段6)。

【0106】ステップA47では閉曲線I1の構成制御点数をN'個とし、このN'個の制御点の番号づけが行

われた後でその座標情報を配列Dに保存する(図1の制御点探索位置設定手段6)。ステップA48では配列Dの座標情報と図1に示される動的輪郭抽出評価関数値計算手段10とを用いて閉曲線I Iの評価関数値が計算され、その値がE I Iに保存される(図1の制御点探索位置設定手段6)。

【0107】次に、図5に示されるように、ステップA49(図1の制御点探索位置設定手段6)で、注目制御点として選択されている制御点の番号を表す変数iの値が、1に初期化される。ステップA50では指定された注目制御点の最適位置Pと次回注目制御点の位置Qおよび分割・結合実行制御後の配列Cが算出される(図1に示される制御点探索位置設定手段6から分割生成閉曲線座標値記憶手段13)。ステップA51ではステップA50で算出された注目制御点の最適位置Pに注目制御点の座標を更新する(図1の制御点最適位置決定手段14)。

【0108】ステップA52(図1の最適位置探索対象制御点変更手段15)では制御点の最適位置探索が一巡したか否かを判定し、一巡していない場合(N o)はステップA53(図1の最適位置探索対象制御点変更手段15)で注目制御点を次回注目制御点に変更し、一巡した場合(Y e s)はステップA54(図1の注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段16)で最適位置更新済みのN'個の制御点の座標を配列C'に保存した上で、ステップA55(図1の注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段16)において配列C'と、図1の動的輪郭抽出評価関数値計算手段10を用いて配列C'で表されている閉曲線の形状に対する評価関数値Eを計算し、このEとすでに計算しているE'とで輪郭抽出終了判定を行う。

【0109】輪郭抽出終了判定はステップA56(図1の注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段16)において各制御点の最適位置への更新を行う前後の閉曲線の評価関数値の差が ϵ (あらかじめ決めておく正の十分小さい数)より小さく、かつ更新後の評価関数値が更新前のそれより小さいかで判定され、差が十分小さく更新後の評価関数値が更新前の評価関数値より小さい場合(Y e s)は、ステップA61(図1の注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段16)で配列C'が出力される。

【0110】終了条件を満たしていない場合(N o)は、動的輪郭抽出の計算回数がステップA57(図1の注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段16)でチェックされ、ステップA42により指定された上限を越えていない場合は、ステップA58で変数cntに1を加算して計算回数を増加させ、ステップA59では抽出終了条件に用いるE'にステップA55で計算したEの値を代入し、ステップA60で配列C'を次の動的輪郭抽出の一巡のための制御点の初期位置として処理をステップA44に戻す(ステップA58~A60はともに図1の注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段16の動作)。

【0111】次にステップA50の動作内容を、図6、及び図7に示されるフローチャートを参照して説明する。

【0112】図6に示されるように、まず、ステップA70では注目制御点である第i制御点とこの制御点の8近傍画素の合計9個の点の座標が、最適位置探索のために算出される。

【0113】ここで、この注目制御点と8近傍画素の関係について、図54に示す。図54の(b)に示されるように、注目制御点C[i]を中心として、マトリックス状に、8個の近傍画素が配列されている。

【0114】ステップA71のカウントkは、ステップA70で算出された9個の点のうち、k番目の点を第i制御点の最適位置と仮定して評価関数値計算を行うことを表している。

【0115】このステップ71ではkの値が1に初期化される。そして、ステップA72で第i制御点の位置が第k画素であるとして、ステップA73で閉曲線Iを分割して生成される2つの閉曲線のうちの一方の閉曲線2の全てと、閉曲線Iと閉曲線I Iとを結合してできる全ての閉曲線0にラベルをつけるためのカウントk'、k''を1に初期化し、ステップA74で第i制御点以外の座標とステップA72で選んだ第i制御点の座標を記憶する(以上ステップD70~D74は図1の制御点探索位置設定手段6)。

【0116】ステップA75(図1の閉曲線評価関数値記憶手段8)で、これらの座標を記憶した上で図1の動的輪郭抽出評価関数値計算手段10を用いて評価関数値を計算し、その値をステップA76(図1の閉曲線評価関数値記憶手段8)で配列E I[k]に保存する。

【0117】次にステップA77で閉曲線Iを分割させてできる閉曲線1、閉曲線2の可能な組み合わせに対する評価関数値E1[k][k']、E2[k][k'](k'=1、2、...)および各k'に対応する端点1、2の座標配列END1[k][k']、END2[k][k']を算出し、ステップA78では閉曲線Iと閉曲線I Iとを結合させてできる可能な全ての閉曲線0の座標値配列U[k][k''][k''](k''=1、2、...)と、配列Uに対応する評価関数値E0[k][k'']、及び結合線の4つの端点の座標配列END[k][k''][k''] (k''=1,2,3,4)を算出する(ステップA77、A78は共に図1の分割・結合閉曲線設定手段7、及び、分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段9の動作を含む)。

【0118】ステップA79では、ステップA72~A78の処理をステップA70で設定した9個の点全てに対して行ったか否かを判定し、行われていないなら(N o)ステップA80で変換kに1を加算してステップA72に処理を戻す(ステップA79は図1の手段6)。ステップA79で9点全てを探索したと判定された場合(Y e s)は、ステップA81(図1の評価関数値比較

手段 11) において、配列 $E0[k][k']$ 、 $E1[k]$ 、 $E1[k']$ ($k=1, 2, \dots, 9$, $k'=1, 2, \dots$) を用

$$E0[k][k'] < E1[k] + E1[k'] \quad (4)$$

を満たす k 、 k' の組の存在の有無が判定される。

【0119】図 7 にも示されるように、統合条件を満たす k 、 k' の組が存在する場合 (Yes) は、ステップ A82 に処理を移し、存在しない場合 (No) は、ステップ A87 に処理を移す。ステップ A82 (図 1 の分割・結合実行制御手段 12) で $E0[k][k']$ が最小になる k 、 k' の組を $k0$ 、 $k0'$ として、座標値配列 $U[k0][k0']$

$$E1[k] > E1[k][k'] + E2[k][k'] \quad (5)$$

を満たす k 、 k' の組の存在の有無が判定される。

【0121】分割条件を満たす k 、 k' の組が存在する場合 (Yes) は処理をステップ A84 に移し、存在しない場合 (No) はステップ A86 に処理を移す。

【0122】ステップ A84 (図 1 の分割・結合実行制御手段 12) で $E1[k][k'] + E2[k][k']$ が最小になる k 、 k' の組を $k1$ 、 $k1'$ として、 $END1[k1][k1']$ 、 $END2[k1][k1']$ が分割線の端点として選択される。さらにステップ A85 (図 1 の分割・結合実行制御手段 12) で、結合閉曲線の最小評価関数値 $E0[k0][k0']$ と分割閉曲線の最小評価関数値 $E1[k1][k1'] + E2[k1][k1']$ との大小が比較され、結合閉曲線の最小評価関数値の方が小さい場合 (Yes) は、閉曲線の結合実行のためステップ A86 に処理を移し、結合閉曲線の最小評価関数値の方が大きい場合 (No) は閉曲線の分割実行のためにステップ A90 に処理を移す。

【0123】ステップ A86 (図 1 の分割・結合実行制御手段 12、及び、分割生成閉曲線座標値記憶手段 13) では、ステップ A82 で選択した配列 U と結合線端点 $C1$ 、 $C1'$ を用いて端点 $C1$ を注目制御点の最適位置 P 、端点 $C1'$ を次回注目制御点 Q 、配列 U を新しい配列 C とし、分割生成閉曲線座標配列 F の要素値を -1 とする。

【0124】ステップ A90 (図 1 の分割・結合実行制御手段 12) では、ステップ A84 で選択した $k1$ 、 $k1'$ を用いて $END1[k1][k1']$ を位置 P 、 $END2[k1][k1']$ を次回注目制御点 Q 、更新済み制御点である $C[1]$ 、 $C[2]$ 、 \dots 、 $C[i-1]$ と未更新制御点 $C[i]$ 、 $C[i+1]$ 、 \dots 、 $C[N]$ を配列 C 、 $G[k1][k1'][1]$ 、 $G[k1][k1'][2]$ 、 \dots を分割生成閉曲線配列 $F[kk][k1][k1']$ 、 $F[kk][k1][k1'][2]$ 、 \dots とする。

【0125】ステップ A87 はステップ A83 と全く同じ処理を行って、閉曲線の分割条件を判定する。ステップ A87 において分割条件を満たす k 、 k' の組が存在しない場合 (No) は、処理をステップ A88 に移し、存在する場合 (Yes) は処理をステップ A89 に移す。

【0126】ステップ A88 (図 1 の分割・結合実行制御手段 12、及び、分割生成閉曲線座標値記憶手段 13) で $E1[k]$ が最小になる近傍画素配列 A の値が位置

いて結合条件式

$[1]$ 、 $U[k0][k0'][2]$ 、 \dots 、 $U[k0][k0'][N']$ と結合線の端点 $C1 = END[k0][k0'][1]$ 、 $C1' = END[k0][k0'][3]$ が選択される。

【0120】その後で、ステップ A83 (図 1 の評価関数値比較手段 11) で配列 $E1[k]$ 、 $E1[k][k']$ 、 $E2[k][k']$ ($k=1, 2, \dots, 9$, $k'=1, 2, \dots$) を用いて分割条件式

P 、隣接制御点 $C[i+1]$ が次回注目制御点 Q 、更新済み制御点である $C[1]$ 、 $C[2]$ 、 \dots 、 $C[i-1]$ と未更新制御点 $C[i]$ 、 $C[i+1]$ 、 \dots 、 $C[N]$ を分割結合実行制御後の配列 C とし、分割生成閉曲線座標配列 F の要素値を -1 とする。

【0127】ステップ A89 はステップ A84 と全く同じ処理をして、分割線の端点 1、2 を選択し、ステップ A90 に処理を移す。ステップ A91 (図 1 の分割生成閉曲線座標値記憶手段 13) では分割生成閉曲線に対するラベル kk に 1 を加算し、ステップ A92 (図 1 の分割生成閉曲線座標値記憶手段 13) では、ステップ A70 ~ A91 の処理の結果として算出された注目制御点の最適位置 P 、次回注目制御点 Q 、分割結合実行制御後の配列 C 、分割生成閉曲線座標配列 F を出力する。

【0128】次に、図 6 のステップ A77 の動作について、図 8 のフローチャートを用いて説明する。

【0129】図 8 に示されるように、図 6 のフローチャートにおけるステップ A77 では、閉曲線 I の分割線の 2 つの端点のうち一方の端点 1 は注目制御点とし、もう一方の端点 2 として第 $i+1$ 、 $i+2$ 、 \dots 、 N までの制御点の全てを調べる。

【0130】ここで、端点 1 と端点 2 との関係を図 54 の (a) に示す。この図 54 の (a) に示されているように、閉曲線 1 と閉曲線 2 とで形づくられる閉曲線上には、1 から N までの N 個の点が設定されている。

【0131】図 8 に示されるフローチャートにおいて、ステップ A100 では、端点 2 として調べている制御点の番号を表す変数 j を $i+1$ に初期化する。ステップ A101 では、第 i 制御点を分割線の端点 1 とし、この端点 1 の座標を配列要素 $END1[k][k']$ に保存する。

【0132】次に、ステップ A102 で端点 2 を第 j 制御点とし、端点 2 の座標を配列要素 $END2[k][k']$ に保存する。ステップ A103 で、第 1、2、 \dots 、 i 、 j 、 $j+1$ 、 \dots 、 N 制御点で構成される閉曲線を閉曲線 1 とし、第 i 、 $i+1$ 、 \dots 、 $j-1$ 、 j 制御点で構成される閉曲線を閉曲線 2 として、閉曲線 1 の制御点座標を配列 $C1$ に、閉曲線 2 の制御点座標を配列 $C2$ に保存し、さらに配列 $C2$ を分割生成閉曲線座標配列 G に複写する。(ステップ A100 ~ A103 は図 1

の分割・結合閉曲線設定手段7)。

【0133】ステップA104、A106(ともに図1の分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段9)では、それぞれ配列C1、C2より、図1の動的輪郭抽出評価関数値計算手段10を用いてそれぞれの評価関数値を計算し、ステップA105、A107(ともに図1の分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段9)でその結果をそれぞれ配列E1[k][k']、E2[k][k']に記憶される。

【0134】ステップA108では、端点2として全ての可能な制御点を選択したか否かが判定され、選択が完了した場合(Yes)はステップA111に処理が移り、完了していない場合(No)はステップA109に処理が移る。

【0135】ステップA109で変数jに1が加算されることにより端点2が移動し、ステップA110でそれに対応してカウンタk'が1だけ進められる(ステップA108～A110は図1の分割・結合閉曲線設定手段7)。ステップA111(図1の分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段9)では、評価関数値配列E1[k][k']、E2[k][k']および端点座標値配列END1[k][k']、END2[k][k']、分割生成閉曲線座標配列Gが出力される。

【0136】次に、図6のステップA78の動作について、図9、及び図10に示されるフローチャートを参照して説明する。

【0137】図9に示されるように、ステップA120では、注目制御点を2本の結合線L1、L2のうちのL1の端点C1とする。

【0138】ステップA121では、L2の2つの端点C2、C2'のうち閉曲線I側から選ぶ端点C2として、第i+1、i+2、・・・、Nまでの制御点の全てを調べるために、端点C2として選択している制御点の番号をjとし、jをi+1に初期化する。

【0139】ステップA122では端点C2を第j制御点とする。ステップA123では結合線L1の端点のうち閉曲線IIから選ぶ端点C1'として配列Dに保存されている閉曲線IIの構成制御点の全てを調べるために、端点C1'として選択されている制御点番号をmとして、mが1に初期化される。

【0140】ステップA124では端点C1'が、ステップA123のmを用いてD[m]とされる。ステップA125では結合線L2の端点のうち閉曲線IIから選ぶ端点C2'として配列Dに保存されている閉曲線IIの構成制御点の全てを調べるために、端点C2'として選択されている制御番号をnとして、nが1に初期化される。ステップA126では端点C2'が、ステップA125のnを用いてD[n]とされる。

【0141】ここで、端点C1、C2、C1'、C2'の関係について、図55の(a)に示す。

【0142】ステップA127ではC[1]、C[2]

、・・・、C[i]、D[m]、D[m+1]、・・・、D[n]、C[j]、C[j+1]、・・・、C[N]で構成される閉曲線Oが自身の中に捻じれによる交点を持たないかが判定される。

【0143】ここで、閉曲線Oが自身の中に捻じれによる交点をもつ場合を、図55の(b)に示す。

【0144】交点を持つ場合(No)はステップA128に処理が移り、交点を持たない場合(Yes)はステップA132に処理が移る。ステップA128では、端点C2'として閉曲線IIの全ての構成制御点を探索したか否かが判定される。ステップA128で探索が終わっていないと判定された場合(No)は、ステップA129で変換nに1が加算されてステップA126以降の処理に戻る。ステップA128で探索が終了した(Yes)と判定された場合には、ステップA130で端点C1'として閉曲線IIの全ての構成制御点を探索したか否かが判定される。

【0145】ステップA130で探索が終わっていない(No)と判定された場合は、ステップA131で変数mに1が加算されてステップA124以降の処理に移る。ステップA130で探索が終了した(Yes)と判定された場合には、A142に処理が移る(ステップA120～A131、A142は図1の分割・結合閉曲線設定手段7)。

【0146】図10に示されるように、ステップA132(図1の分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段9)では、C[1]、C[2]、・・・、C[i]、D[m]、D[m+1]、・・・、D[n]、C[j]、C[j+1]、・・・、C[N]が結合閉曲線Oの構成制御点であるとして配列U[k][k"][1]、U[k][k"][2]、・・・、U[k][k"][N']に保存される。

【0147】ステップA133では、配列U[k][k"][1]、U[k][k"][2]、・・・、U[k][k"][N']と図1の動的輪郭抽出評価関数値計算手段10により評価関数値が計算され、ステップA134ではステップA71で計算された評価関数値が配列E0[k][k"]に保存される(ステップA133、A134は図1の分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段9)。

【0148】ステップA135では端点C1、C2、C1'、C2'の座標値が配列END[k][k"][1]、END[k][k"][2]、END[k][k"][3]、END[k][k"][4]にそれぞれ保存される(図1の分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段9)。ステップA136において端点C2'として閉曲線IIの全ての構成制御点を選択したか否かが判定され、選択が終了した場合(Yes)はステップA139に処理が移り、完了していない場合(No)はステップA137に処理が移る。

【0149】ステップA137では変数nに1が加算され、ステップA138で変数k"に1が加算され、ステップA126以降の処理に戻る。ステップA139で

は、端点C1'として閉曲線IIの全ての構成制御点を
選択したか否かが判定され、選択が完了した場合（Y e
s）はステップA142に処理が移り、完了していない
場合（N o）はステップA140に処理が移る。

【0150】ステップA140では変数mに1が加算さ
れ、ステップA141で変数k"に1が加算されてステ
ップA124以降の処理に戻る（ステップA136～A
141は図1の分割・結合閉曲線設定手段7）。ステッ
プA142では、端点C2として可能な全ての制御点を
調べて選択したか否かが判定され、選択が完了した場合
（Y e s）はステップA145に処理が移り、完了して
いない場合（N o）はステップA143に処理が移る。

【0151】ステップA143で変数jに1が加算され
て、ステップA144で変数k'に1が加算された上で
処理がA122に戻る（ステップA142～A144は
図1の分割・結合閉曲線設定手段7）。ステップA14
5では、結合閉曲線0の座標値配列U、評価関数値配列
E0、端点座標値配列ENDが出力される。

【0152】この第1の動作例において、ステップA4
1～A44、A49、A51～A61、およびステップ
A50中のステップA70～A72、A74～A76、
A79、A80、A88、A92がGreedyアルゴリズム
であるが、この部分は、注目制御点を閉曲線評価関数値
が小さくなる位置へ更新する計算方法であれば、Greedy
アルゴリズム以外の方法を用いることができる。

【0153】また、この第1の動作例においては、閉曲
線の分割と結合の制御とが同時に行われ、閉曲線の分割
の結果生成された分割生成閉曲線に対しても動的輪郭抽
出が行われる。分割結合実行制御は注目制御点の最適位
置探索のたびに行われるので、閉曲線の動的輪郭抽出計
算が収束してから分割結合制御を行う従来の方法より
も、より細かい抽出ステップで閉曲線の分割と結合を伴
った動的輪郭抽出を行うことが可能である。

【0154】次に、図1に示される本発明に係る動的輪
郭抽出装置の第1の実施形態の第2の動作例について、
図11～図16を参照して説明する。

【0155】第2の動作例は、上述した第1の動作例か
ら閉曲線の結合機能のみを持たせた動作例で、注目閉曲
線とその最近接閉曲線の結合を次々に行っていく動作例
である。

【0156】図11は、図1の注目閉曲線選択手段3、
閉曲線初期設定手段4、動的輪郭抽出手段20、動的輪
郭抽出終了判定手段17内で行われる処理を表すフロー
チャートである。図12、及び図13は、図11のステ
ップB4の動作を説明するフローチャート、図14、図
15、及び、図16は、図13のステップB30の動作
を説明するフローチャートである。

【0157】図11のステップB1、B2、B3、B
5、B6、B8の動作は、それぞれ図2のステップA
2、A3、A7、A9、A10、A15の動作と全く同

じである。

【0158】また、図2のステップA8では閉曲線の分
割と結合を伴う動的輪郭抽出の結果として配列C'と分
割生成閉曲線座標配列Fが算出されて出力となるが、ス
テップB4（図1の動的輪郭抽出手段20）では、閉曲
線の結合のみを伴う動的輪郭抽出の結果として配列C'
が出力となる。

【0159】ステップB7（図1の動的輪郭抽出終了判
定手段17）では、初期閉曲線群の中で注目閉曲線とし
て未選択の閉曲線の存在が判定され、存在する場合（Y
e s）はステップB3に処理が移り、存在しない場合
（N o）はステップB8に処理が移る。

【0160】ステップB4の動作を、図12、及び図1
3に示されるフローチャートを用いて説明する。

【0161】図12、及び、図13に示されるフローチ
ャートのステップB30とB41を除く各ステップは、
図4、及び図5に示されるステップA50とA61を除
いた対応する各ステップと全く同じ動作をする。

【0162】図13のステップB30（図1の制御点探
索位置設定手段6から分割生成閉曲線座標記憶手段1
3）ではステップA50とは異なり分割生成閉曲線座標
配列を出力せず、注目制御点の最適位置P、次回注目制
御点Q、結合実行制御後の閉曲線座標配列Cを出力す
る。ステップB41（図1の動的輪郭抽出終了判定手段
17）では、ステップA61と異なり配列Fを出力せ
ず、配列C'のみを出力する。

【0163】次に、図13に示されるステップB30の
動作を、図14、図15、及び、図16に示されるフロ
ーチャートを用いて説明する。

【0164】図14に示されるように、ステップB50
では、注目制御点である第i制御点とこの制御点の8近
傍画素の計9個の点の座標が、最適位置探索のために算
出される。ステップB51の変数kは、前ステップB5
0で設定された9個の点のうちk番目の点を第i制御点
の最適位置と仮定して評価関数値を計算する事を表し、
このステップB51ではkの値が1に初期化される。

【0165】ステップB52では、第i制御点の位置が
ステップB50で設定された9点のk番目の点と設定さ
れる。ステップB53のカウンタk'は、閉曲線Iと閉
曲線IIとを結合して出来る全ての閉曲線0にラベルを
つけるためのものであり、このステップではk'の値が
1に初期化される。

【0166】ステップB54で第i制御点以外の座標と
ステップB52で選んだ第i制御点の座標を記憶する
（以上ステップB50～54は図1の制御点探索位置設
定手段6）。

【0167】図15のステップB55でこれらの座標を
記憶（図1の閉曲線評価関数値記憶手段8）した上で図
1の分割・結合閉曲線評価関数値計算手段10を用いて
評価関数値を計算し、その値をステップB56（図1の

10

20

30

40

50

閉曲線評価関数値記憶手段 8) で配列 $E I[k]$ に保存する。

【0168】ここで、前出の図 9、及び図 10 に示されるカウンタ変数 k'' と、図 14、図 15、及び図 16 に示されるカウンタ変数 k' とは同じ働きをするので、図 14、図 15、及び図 16 に示されるフローチャートのステップ B57～B81 はそれぞれに対応する、図 9、及び図 10 に示されるフローチャートのステップ A120～A144 と同じ動作をする。

【0169】図 15 のステップ B82 では、ステップ B52～B81 までの処理をステップ B50 での設定点全てに対して行ったか否かを判定し、行われた場合 (Yes) にはステップ B84 に処理を移し、行われていない場合 (No) はステップ B83 に処理を移す。

【0170】ステップ B83 では、変数 k に 1 を加算して図 14 のステップ B52 に処理を戻す (ステップ B82、B83 は図 1 の制御点探索位置設定手段 6)。ステップ B84 (図 1 の評価関数値比較手段 11) では計算した配列 $E I[k]$ 、 $E I1$ 、 $E O[k][k']$ ($k' = 1, 2, \dots$) を用いて式 (4) を満たす k 、 k' の組の存在の有無が判定され、存在する場合 (Yes) はステップ B86 に処理が移り、存在しない場合 (No) はステップ B85 に処理が移る。

【0171】ステップ B85 (図 1 の分割・結合実行制御手段 12) では、 $E I[k]$ が最小になる第 k 近傍画素を第 i 制御点の最適位置 P 、隣接している第 $i+1$ 制御点を次回注目制御点 Q 、各号実行制御後の配列 C を最適位置への更新済みの $C[1]$ 、 $C[2]$ 、 \dots 、 $C[i-1]$ と未更新の $C[i]$ 、 $C[i+1]$ 、 \dots 、 $C[N]$ としてステップ B88 (図 1 の分割・結合

実行制御手段 12) で出力する。

【0172】ステップ B86 (図 1 の分割・結合実行制御手段 12) では、 $E O[k][k']$ を最小値にする k 、 k' の組を $k0$ 、 $k0'$ とし、配列 $U[k0][k0']1$ 、 $U[k0][k0']2$ 、 \dots 、 $U[k0][k0']N$ 、および結合線の端点として $END[k0][k0']1$ が端点 $C1$ に $END[k0][k0']3$ 端点 $C1'$ に選ばれる。ステップ B87 (図 1 の分割・結合実行制御手段 12) ではステップ B86 で選ばれた配列 U を構成する際に用いられた端点 $C1$ を位置 P 、端点 $C1'$ を次回注目制御点 Q 、ステップ B86 で選ばれた配列 U を結合実行後の配列 C とし、配列 U の要素数 N' を配列 C の要素数 N としてステップ B88 で出力する。

【0173】この第 2 の動作例において、ステップ B20～B24、B29、B31～B41、およびステップ B30 中のステップ B54～B56、B82、B83、B85、B86 が Greedy アルゴリズムであるが、この部分は、注目制御点を閉曲線評価関数値が小さくなる位置へ更新する計算方法であれば、Greedy アルゴリズム以外の方法を用いることができる。

【0174】上述の、本発明に係る第 1 の実施形態の第 2 の動作例では、閉曲線の結合実行制御のみを行うことができる。結合実行制御は注目制御点の最適位置探索のたびに行われ、結合後の閉曲線に対しても動的輪郭抽出が一巡した後で結合対象閉曲線が計算される。したがって自身に近い閉曲線を次々に結合していくことが可能となり、かつ閉曲線の動的輪郭抽出計算が収束してから結合を制御する従来の方法よりも、細かい抽出ステップで結合を伴う動的輪郭抽出を行う事が可能である。

【0175】次に、図 1 に示される本発明に係る動的輪郭抽出装置の第 1 の実施形態の第 3 の動作例について、図 17～図 22 を参照して説明する。

【0176】次に、図 17 は、図 1 の注目閉曲線選択手段 3、閉曲線初期設定手段 4、初期評価関数値記憶手段 5、動的輪郭抽出手段 20、動的輪郭抽出終了判定手段 17 の動作を示したフローチャートである。図 18、及び図 19 は、図 17 のステップ C4 の動作を説明するフローチャートであり、図 20、図 21、及び、図 22 は図 19 のステップ C31 の動作を説明するフローチャートである。

【0177】図 17 のステップ C1～C8 はそれぞれに対応する図 11 のステップ B1～B8 と同じ動作をする。

【0178】図 17 のステップ C4 の動作を図 18、及び、図 19 に示されるフローチャートを用いて説明する。

【0179】図 18、及び、図 19 の各ステップの動作は、ステップ C20 (図 1 の閉曲線初期設定手段 4) で閉曲線結合実行をチェックするフラグが定義され、フラグが ON に初期化される以外は、図 12、及び、図 13 の対応する各ステップと同じ動作をする。

【0180】次に、図 19 のステップ C31 の動作を図 20、図 21、及び、図 22 に示されるフローチャートを用いて説明する。

【0181】図 20、図 21、及び、図 22 の各ステップはステップ C55、C89～C94 を除き図 14、図 15、及び、図 16 の対応する各ステップと同じ動作をする。図 20 のステップ C55 (図 1 の制御点探索位置設定手段 6) においてステップ C4 で定義された結合フラグが ON か OFF かが判定され、ON と判定された場合 (Yes) はステップ C56 からステップ C89 までの処理が行われ、ステップ C89 (図 1 の分割・結合実行制御手段 12) では結合フラグが OFF とされる。

【0182】ステップ C55 において結合フラグが OFF であると判定された場合 (No) は、図 21 に示されるように、ステップ C90 において配列 C と図 1 の動的輪郭抽出評価関数値計算手段 10 を用いて評価関数値を計算し、ステップ C91 においてその出力値を配列 $E I[k]$ に保存する (ステップ C90、C91 は共に図

1 の閉曲線評価関数値記憶手段 8)。

【0183】ステップ C 9 2 では、ステップ C 5 0 で設定された 9 個の点全てを最適位置として選択したか否かが判定され、選択が完了している場合 (Yes) はステップ C 9 4 に処理が移り、完了していない場合 (No) はステップ C 9 3 に処理が移る。図 2 1 のステップ C 9 3 では変数 k に 1 を加算し処理をステップ C 5 2 に戻す (ステップ C 9 2、C 9 3 は図 1 の制御点探索位置設定手段 6)。図 2 2 のステップ C 9 4 (図 1 の分割・結合実行制御手段 1 2) において $E I[k]$ が最小になる近傍画素配列 A の座標値が注目制御点の最適位置 P、隣接制御点の座標値を次回注目制御点 Q、更新済みの制御点 C [1]、C [2]、 \dots 、C [i-1] と未更新の制御点 C [i]、C [i+1]、 \dots 、C [N] を結合制御後の配列 C とする。ステップ C 9 5 (図 1 の分割・結合実行制御手段 1 2) では、ステップ C 8 6、C 8 8、C 9 3 の算出結果を出力する。

【0184】この第 3 の動作例において、ステップ C 2 1 ~ C 2 3、C 2 7、C 2 8、C 3 0、C 3 2 ~ C 4 2、およびステップ C 3 1 中のステップ C 5 0 ~ C 5 2、C 5 4、C 5 6、C 5 7、C 8 3、C 8 4、C 8 6、C 9 0 ~ C 9 5 が Greedy アルゴリズムであるが、この部分は、注目制御点を閉曲線評価関数値が小さくなる位置へ更新する計算方法であれば、Greedy アルゴリズム以外の方法を用いることができる。

【0185】上述のように、図 1 に示される第 1 の実施形態に係る動的輪郭抽出装置の第 3 の動作例によれば、注目閉曲線 I の最近傍閉曲線 I I を結合対象閉曲線とし、一度この閉曲線 I I が閉曲線 I に結合されると、結合を伴った動的輪郭抽出から通常の動的輪郭抽出に切り替わる動作例である。

【0186】また、この第 1 の実施形態における第 3 の動作例において示した結合フラグによる動的輪郭抽出方法の切替えを、第 1 の実施の形態の第 1 の動作例に適合させることで、動的輪郭抽出の過程での閉曲線の分割・結合を制御しつつ、一度閉曲線の結合が行われると抽出の過程で制御するのは閉曲線の分割のみになるという動作例も実行することができる。

【0187】次に、図 1 に示される本発明に係る動的輪郭抽出装置の第 1 の実施形態の第 4 の動作例について、図 2 3 ~ 図 3 0 を参照して説明する。

【0188】第 1 の実施の形態の第 4 の動作例は、第 1 の動作例の閉曲線の分割と結合の機能のうち、分割の機能のみを持つ場合の動作例である。図 2 3 は図 1 の閉曲線初期設定手段 4、初期評価関数値記憶手段 5、動的輪郭抽出手段 2 0、動的輪郭抽出終了判定手段 1 7 の動作を示すフローチャートである。図 2 4 は図 2 3 のステップ D 1 2 の動作を説明するフローチャートであり、図 2 5、及び、図 2 6 は、図 2 3 のステップ D 8 の動作を説明するフローチャートであり、図 2 7、及び、図 2 8

は、図 2 6 のステップ D 4 6 の動作を説明するフローチャートであり、図 2 9、及び、図 3 0 は、図 2 7 のステップ D 7 1 の動作を説明するフローチャートである。

【0189】図 2 3 の各ステップは、ステップ D 8 を除き図 2 の対応する各ステップと同じ動作をする。ステップ D 8 (図 1 の閉曲線初期設定手段 4、動的輪郭抽出手段 2 0) は図 2 に示されるステップ A 8 と異なり、閉曲線の分割のみを伴う動的輪郭抽出の結果の閉曲線座標配列 C' と分割生成閉曲線座標配列 F とを出力する。

【0190】次に、図 2 3 のステップ D 1 2 の動作を、図 2 4 を用いて説明する。図 2 4 の各ステップは、図 3 の対応するステップと同じ動作をする。

【0191】次に、図 2 3 のステップ D 8 の動作を、図 2 5、及び図 2 6 に示されるフローチャートを用いて説明する。図 2 5、及び、図 2 6 と、図 4、及び、図 5 を比べて、図 2 5、及び、図 2 6 のステップ D 4 0 ~ D 4 5、D 4 7 ~ D 5 7 の動作は、それぞれ図 4、及び、図 5 のステップ A 4 0 ~ A 4 4、A 4 9、A 5 1 ~ A 6 1 と同じである。図 4、及び、図 5 に示されるフローチャートのステップ A 4 5 ~ A 4 8 は閉曲線の結合を行うために必要なステップなので、第 4 の動作例ではこれらのステップは含まれない。

【0192】また、図 5 に示されるフローチャートのステップ A 5 0 では閉曲線の分割結合実行制御後の配列 C、分割生成閉曲線座標配列 F、注目制御点の最適位置、次回注目制御点を算出するが、第 4 の動作例では閉曲線の分割のみを行うので、それに対応する図 2 6 のステップ D 4 6 では分割のみを伴う動的輪郭抽出後の閉曲線座標配列 C、分割生成閉曲線座標配列 F、注目制御点の最適位置 P、次回注目制御点が算出される。

【0193】次に、図 2 6 に示されるフローチャートのステップ D 4 6 の動作を図 2 7、及び、図 2 8 に示されるフローチャートを用いて説明する。

【0194】図 2 7 に示されるように、ステップ D 6 5 では注目制御点である第 i 制御点とこの制御点の 8 近傍画素の計 9 個の点の座標が、最適位置探索のために算出される。ステップ D 6 6 のカウンタ k は、第 i 制御点の位置を前ステップ D 6 5 で設定した 9 個の点の k 番目の点と仮定して評価関数値の計算を行う事を表し、該ステップで k の値を 1 に初期化する。

【0195】ステップ D 6 7 では、第 i 制御点の位置をステップ D 6 5 で設定した 9 個の点の k 番目の点とする。ステップ D 6 8 では、第 i 制御点以外の制御点の座標とステップ D 6 7 で選んだ第 i 制御点の座標を記憶する (以上ステップ D 6 5 ~ D 6 8 は図 1 の制御点探索位置設定手段 6)。ステップ D 6 9 でこれらの座標を記憶 (図 1 の閉曲線評価関数値記憶手段 8) した上で、図 1 の動的輪郭抽出評価関数値計算手段 1 0 を用いて評価関数値を計算し、その値をステップ D 7 0 (図 1 の閉曲線評価関数値記憶手段 8) で配列 $E I[k]$ に記憶する。

【0196】ステップD71（図1の分割・結合閉曲線設定手段7、及び、分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段9）では、2つの分割閉曲線の評価関数値配列E1、E2と分割線の2端点の座標配列END1、END2、および分割生成閉曲線座標配列Gが計算される。

【0197】ステップD72では、ステップD65で設定された9個の点すべてがステップD67で選択されたか否かが判定され、選択が完了した場合（Yes）は図28のステップD74に処理が移り、完了していない場合（No）はステップD73に処理が移る。ステップD73で変数kに1を加算して、ステップD67に処理を戻す（ステップD72、D73は共に図1の制御点探索位置設定手段6）。

【0198】図28に示されるように、ステップD74（図1の評価関数値比較手段11）では、配列E1[k]、E1[k][k']、E2[k][k']を用いて式（5）を満たすk、k'の組の存在の有無が判定され、存在しない場合（No）はステップD78に処理が移り、存在する場合（Yes）はステップD75に処理が移る。ステップD78（図1の分割・結合実行制御手段12、及び、分割生成閉曲線座標値記憶手段13）でE1[k]が最小になる第k近傍画素を第i制御点の最適位置P、隣接している第i+1制御点を次回注目制御点Q、分割生成閉曲線座標配列Fの要素値を全て-1とする。

【0199】ステップD75（図1の分割・結合実行制御手段12）では、E1[k][k'] + E2[k][k'] が最小になるk、k'の組をk1、k1'とし端点1としてEND1[k1][k1']、端点2としてEND2[k1][k1']が選ばれる。ステップD76（図1の分割・結合実行制御手段12、分割生成閉曲線座標値記憶手段13）では、端点1が第i制御点の最適位置P、端点2が次回注目制御点Q、前ステップD75で選択されたk1、k1'を用いてG[k1][k1'][1]、G[k1][k1'][2]、・・・が分割生成閉曲線座標配列F[kk][k k'][1]、F[kk][k k'][2]、・・・に代入される。

【0200】ステップD77では分割生成閉曲線に対するラベルkkに1が加算される。ステップD78では、配列C、配列F、および点P、Qの座標を出力する（ステップD77、78は図1の分割生成閉曲線座標値記憶手段13）。

【0201】次に、図27のステップD71の動作について、図29、及び、図30に示されるフローチャートを用いて説明する。

【0202】図29、及び、図30に示されるフローチャートの各ステップはそれぞれ、ステップD91を除き図8の対応するステップと同じ動作をする。ステップD91では、閉曲線Iを分割してできる閉曲線にラベルをつける変数k'が定義され、該ステップでk'の値が1に初期化される。

【0203】この第4の動作例において、ステップD4

0～D45、D47～D57、およびステップD46中のステップD65～D70、D72、D73、D78、D79がGreedyアルゴリズムであるが、この部分は、注目制御点を閉曲線評価関数値が小さくなる位置へ更新する計算方法であれば、Greedyアルゴリズム以外の方法を用いる事が出来る。

【0204】上記、図1に示される本発明に係る動的輪郭抽出装置の第1の実施形態の第4の動作例においては、閉曲線の分割のみが動的輪郭抽出の過程で行われ、分割制御は注目制御点の最適位置探索のたびに実行されるので、閉曲線の動的輪郭抽出計算が収束してから分割制御を行う従来の方法よりも、より細かい抽出ステップで分割を伴った動的輪郭抽出を行うことができる。

【0205】ここで、前述した本発明の第1の実施の形態の各動作例に関して、最適位置探索のために設定する近傍画素の数を9個としたが、この数は9に限定されるものではなく、任意に変更することができる。

【0206】また、本発明の第1の実施の形態の各動作例に関して、分割・結合閉曲線の設定を各制御点の最適位置探索のたびに行う場合について説明したが、曲率の大きい点に対してのみ行うなどの制限があってもよい。

【0207】また、本発明の第1の実施の形態の各動作例に関して、分割線の端点2および結合線の端点C2を最適位置へ未更新の制御点の中で設定して説明したが、更新済みの制御点を含めてもよい。

【0208】また、本発明の第1の実施の形態の各動作例に関して、入力画像に対する動的輪郭抽出の終了条件を、動的輪郭抽出が行われた閉曲線の延べ総数の上限値で設定して説明したが、終了条件に制限はない。

【0209】さらに、本発明の第1の実施の形態の各動作例に関して、注目閉曲線に対する結合線の設定の仕方に制限はない。

【0210】次に、本発明に係る動的輪郭抽出装置の第2の実施形態について、図面を参照して説明する。図31に、本発明に係る動的輪郭抽出装置の第2の実施形態の構成を示すブロック図を示す。

【0211】この図31に示される第2の実施形態は、閉曲線の分割および結合を制御点の最適位置探索が閉曲線を一巡してから実行するものである。図31と図1とを比較すると、図31では評価関数値比較手段11、分割・結合実行制御手段12、分割生成閉曲線座標値記憶手段13が最適位置探索対象制御点変更手段15と注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段16の間にある点が、前述した第1の実施形態との相違点であることが分かる。

【0212】本発明の第2の実施形態では、注目閉曲線を分割すると仮定した時の2つの閉曲線を分割候補閉曲線、注目閉曲線をその最近接閉曲線と結合すると仮定した時の結合閉曲線を結合候補閉曲線とする。図31における各手段は、図1における各手段と同じ動作をするので説明を省略する。

【0213】また、最適位置探索対象制御点変更手段15は制御点の最適位置探索が閉曲線を一巡した時に評価関数値比較手段11に処理を移すので、閉曲線の分割および結合を制御点の最適位置探索が一巡するたびに実行制御することができる。

【0214】次に、図31に示される本発明に係る動的輪郭抽出装置の第2の実施形態の第1の動作例について、図32～図40を参照して説明する。

【0215】図32は、図31の注目閉曲線選択手段3、閉曲線初期設定手段4、動的輪郭抽出手段20、動的輪郭抽出終了判定手段17の動作を示すフローチャートであり、図33は図32のステップE12の動作を示すフローチャートであり、図34、図35、及び、図36は図32のステップE8の動作を示すフローチャートであり、図37は図35のステップE56の動作を示すフローチャートであり、図38は図37のステップE96の動作を示すフローチャートであり、図39、図40は、図37のステップE97の動作を示すフローチャートである。

【0216】図32のステップE8を除く各ステップは、それぞれ図2の対応するステップと同じ動作をする。また、図32のステップE12の動作を、図33に示されるフローチャートを用いて説明する。

【0217】図33に示されるフローチャートの各ステップは、それぞれ図3の対応するステップと同じ動作をする。

【0218】次に、図32のステップE8の動作を、図34、図35、及び、図36に示されるフローチャートを用いて説明する。

【0219】図34、図35、及び、図36において、ステップE45～E54は、図4、及び、図5のステップA40～A49と同じ動作をする。ステップE55では、分割候補閉曲線にラベルをつけるための変数 k' 、結合候補閉曲線にラベルをつけるための変数 k'' のそれぞれの値が1に初期化される。

【0220】図35のステップE56（図31の閉曲線初期設定手段4、動的輪郭抽出手段20）において注目制御点 $C[i]$ の最適位置 P 、分割候補閉曲線の座標配列 $C1$ 、 $C2$ 、分割候補閉曲線の評価関数値配列 $E1$ 、 $E2$ 、結合候補閉曲線の座標配列 U 、結合候補閉曲線の評価関数値配列 $E0$ が計算される。ステップE57（図31の制御点最適位置決定手段14）では注目制御点 $C[i]$ の座標が、最適位置 P の座標に更新される。

【0221】ステップE58では、注目制御点として閉曲線 I 上の全ての制御点が選択されたか否かが判定され、選択が完了した場合（Yes）はステップE60に処理が移り、完了していない場合（No）はステップE59に処理が移る。ステップE59では変数 i に1が加算されてステップE55以降の処理に戻る（ステップE58、E59は図31の最適位置探索対象制御点変更手

段15）。

【0222】ステップE60では配列 C と図31の動的輪郭抽出評価関数値計算手段10を用いて評価関数値 $E1$ が計算される（図31の閉曲線評価関数値記憶手段8）。図36のステップE61（図31の評価関数値比較手段11）で配列 $E0[i''][k'']$ 、 $E1$ 、 $E11$ （ $i''=1, 2, \dots, N$ 、 $k''=1, 2, \dots$ ）を用いて結合条件式

$$E0[i''][k''] < E1 + E11 \quad (6)$$

を満たす i'' 、 k'' の組の存在の有無が判定される。

【0223】統合条件を満たす i'' 、 k'' の組が存在する場合（Yes）は、ステップE62に処理を移し、存在しない場合（No）はステップE68に処理を移す。ステップE62（図31の分割・結合実行制御手段12）で $E0[i''][k'']$ が最小になる i'' 、 k'' の組が選択され、その値が $i0$ 、 $k0$ となる。その後で、ステップE63（図31の評価関数値比較手段11）で配列 $E1$ 、 $E1[i'][k']$ 、 $E2[i'][k']$ （ $i'=1, 2, \dots, N$ 、 $k'=1, 2, \dots$ ）を用いて分割条件式

$$E1 > E1[i'][k'] + E2[i'][k'] \quad (7)$$

を満たす k 、 k' の組の存在の有無が判定される。

【0224】分割条件を満たす i' 、 k' の組が存在する場合（Yes）は処理をステップE64に移し、存在しない場合（No）はステップE66に処理を移す。ステップE64（図31の分割・結合実行制御手段12）で $E1[i'][k'] + E2[i'][k']$ が最小になる i' 、 k' の組が選択され、その値が $i1'$ 、 $k1'$ とされる。

【0225】ステップE65（図31の分割・結合実行制御手段12）で結合閉曲線の最小評価関数値 $E0[i0][k0]$ と分割閉曲線の最小評価関数値 $E1[i1'][k1'] + E2[i1'][k1']$ の大小が比較され、結合閉曲線の最小評価関数値の方が小さい場合（Yes）は、閉曲線の結合実行のためステップE66に処理を移し、結合閉曲線の最小評価関数値の方が大きい場合（No）は閉曲線の分割実行のためにステップE67に処理を移す。

【0226】ステップE66（図31の分割・結合実行制御手段12、分割生成閉曲線座標値記憶1手段3）では、ステップE62で選択した $i0$ 、 $k0$ を用いて配列 $U[i0][k0][1]$ 、 $U[i0][k0][2]$ 、 \dots が配列 C' とされ、分割生成閉曲線座標配列 F の全ての要素値が-1とされる。

【0227】ステップE67（図31の分割・結合実行制御手段12、分割生成閉曲線座標値記憶手段13）では、ステップA64で選択した $i1$ 、 $k1'$ を用いて $C1[i1][k1'][1]$ 、 $C1[i1][k1'][2]$ 、 \dots が配置 C' とされ、 $C2[i1][k1'][1]$ 、 $C2[i1][k1'][2]$ 、 \dots を分割生成閉曲線配列 $F[kk][kk'][1]$ 、 $F[kk][kk'][2]$ 、 \dots とされる。ステップE68はステップE63と全く同じ処理を行って、閉曲線の分割条件を判定する。ステップA68で分割条件を満たす i' 、 k' の組が存在しない

場合 (No) は、処理をステップ E 7 1 に移し、存在する場合 (Yes) は処理をステップ E 6 9 に移す。

【0228】ステップ E 7 1 (図 3 1 の分割・結合実行制御手段 1 2、分割生成閉曲線座標値記憶手段 1 3) では、配列 C が配列 C' とされ、分割生成閉曲線座標配列 F の要素値を -1 とする。ステップ E 6 9 はステップ A 6 4 と全く同じ処理をして、ステップ E 6 7 に処理を移す。ステップ E 7 0 (図 3 1 の分割生成閉曲線座標値記憶手段 1 3) では分割生成閉曲線に対するラベル k k に 1 を加算し、ステップ E 7 2 (図 3 1 の注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段 1 6) ではステップ E 6 6、E 6 7、E 7 1 の結果の配列 C' と図 3 1 の動的輪郭抽出評価関数値計算手段 1 0 を用いて評価関数値 E を計算する。次のステップ E 7 3 ~ E 7 8 は、図 4、及び、図 5 のステップ A 5 6 ~ A 6 1 と同じ動作をする。

【0229】次に、図 3 5 に示されるフローチャートのステップ E 5 6 の動作を図 3 7 を用いて説明する。

【0230】ステップ E 9 0 ~ E 9 2 は図 6、及び、図 7 のステップ A 7 0 ~ A 7 2 と同じ動作をし、ステップ E 9 6、E 9 7、E 1 0 0 を除くステップ E 9 2 以降の各ステップは、それぞれ図 6、及び、図 7 のステップ A 7 4 ~ A 8 0 の対応するステップと同じ動作をする。

【0231】ステップ E 9 6 (図 3 1 の分割・結合閉曲線設定手段 7、分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段 9) では注目制御点と配列 C を用いて、2 つの分割候補閉曲線 1、2 の評価関数値配列 E 1、E 2 と座標配列 C 1、C 2 が計算される。ステップ E 9 7 (図 3 1 の分割・結合閉曲線設定手段 7、分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段 9) では注目制御点と配列 C を用いて、結合候補閉曲線の評価関数値配列 E 0 と座標配列 U が計算される。

【0232】ステップ E 1 0 0 (図 3 1 の制御点最適位置決定手段 1 4) では計算された配列 E I [k] のうち最小値となる k を求めて、ステップ E 9 0 で設定した 9 個の点のうち求めた k 番目の点を位置 P とする。

【0233】次に、図 3 7 のステップ E 9 6 の動作を図 3 8 に示されるフローチャートを用いて説明する。

【0234】ステップ E 1 1 1、E 1 1 2 で端点 1 および端点 2 の座標を配列に保存せず、ステップ E 1 1 3 で配列 C 1、C 2 の第 1 添字に制御点の番号が用いられ、ステップ E 1 1 5、E 1 1 7 で配列 E 1、E 2 の第 1 添字に制御点の番号が用いられることを除けば、ステップ E 1 1 0 ~ E 1 2 0 の各ステップは、それぞれ図 8 の対応するステップ A 1 0 0 ~ A 1 1 0 と同じ動作をする。

【0235】ステップ E 1 2 1 (図 3 1 の分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段 9) では計算された配列 E 1、E 2、C 1、C 2 が出力される。

【0236】次に、図 3 7 のステップ E 9 7 の動作について、図 3 9、及び、図 4 0 に示されるフローチャートを用いて説明する。

【0237】配列 E 0、および配列 U の第 1 添字に制御点の番号が用いられ、2 本の結合線の端点の座標が保存されないことを除けば、ステップ E 1 3 0 ~ E 1 5 3 の各ステップの動作は、それぞれ図 9、及び、図 1 0 でステップ A 1 3 5 を除いた対応するステップと同じ動作をする。ステップ E 1 3 5 (図 3 1 の分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段 9) では、計算された配列 E 0、U が出力される。

【0238】この動作例において、ステップ E 4 5 ~ E 4 9、E 5 4、E 5 7 ~ E 5 9、E 7 1 ~ E 7 8、およびステップ E 5 6 中のステップ E 9 0 ~ E 9 5、E 9 8 ~ E 1 0 0 が Greedy アルゴリズムであるが、この部分は、注目制御点を閉曲線評価関数値が小さくなる位置へ更新する計算方法であれば、Greedy アルゴリズム以外の方法を用いることができる。

【0239】上述のように、本発明に係る動的輪郭抽出装置の第 2 の実施形態の第 1 の動作例では、制御点の最適位置探索が閉曲線を巡視した後で閉曲線の分割および結合が行われる。第 1 の実施形態では制御点の最適位置探索ごとに閉曲線の分割と結合を行っていたので、分割、若しくは結合の端点となるべき制御点の最適位置探索が行われる前に、別の制御点で閉曲線の分割、若しくは結合が行われる可能性がある。

【0240】上述した第 2 の実施形態では、全制御点に関して分割候補閉曲線と結合候補閉曲線を計算してから分割と結合を実行していることにより、本当に閉曲線の分割、若しくは結合をするべき制御点で、閉曲線の分割、若しくは結合を実行することができる。

【0241】従って、本発明の第 2 の実施形態の第 1 の動作例は、閉曲線の分割と結合を同時に制御する例であるが、第 1 の実施形態の第 2、第 3、第 4 の動作例と同じく閉曲線の結合のみ、若しくは分割のみを伴う動的輪郭抽出装置にも用いることができる。

【0242】また、本発明の第 2 の実施形態の動作例に関して、最適位置探索のために設定する近傍画素の数を 9 個としたが、この数には制限はない。

【0243】また、本発明の第 2 の実施形態の動作例に関して、分割・結合閉曲線の設定を各制御点の最適位置探索のたびに行う場合について説明したが、曲率の大きい点に対してのみ行うなどの制限があってもよい。

【0244】また、本発明の第 2 の実施形態の動作例に関して、分割線の端点 2 および結合線の端点 C 2 を最適位置へ未更新の制御点の中で設定して説明したが、更新済みの制御点を含めてもよい。

【0245】また、本発明の第 2 の実施形態の動作例に関して、入力画像に対する動的輪郭抽出の終了条件を、動的輪郭抽出が行われた閉曲線の延べ総数の上限値で設定して説明したが、終了条件に制限はない。

【0246】さらに、本発明の第 2 の実施形態の動作例に関して、注目閉曲線に対する結合線の設定の仕方に制

限はない。

【0247】次に、本発明に係る動的輪郭抽出装置の第3の実施形態について、図面を参照して説明する。

【0248】図41に、本発明に係る動的輪郭抽出装置の第3の実施形態の構成のブロック図を示す。図41に示されるように、この第3の実施形態では、分割閉曲線、若しくは結合閉曲線の設定の実行を制御する分割・結合閉曲線設定実行制御手段19によって、制御点探索位置設定手段6、閉曲線評価関数値記憶手段8、制御点最適位置決定手段14、最適位置探索対象制御点変更手段15から成る通常の動的輪郭抽出部分と分割・結合閉曲線設定手段7、分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段9、評価関数値比較手段11、分割・結合実行制御手段12、分割生成閉曲線評価関数値記憶手段13から成る閉曲線の分割と結合を制御する部分とが分かれていることが、図1に示される第1の実施形態との相違である。

【0249】次に、図41に示される、本発明に係る動的輪郭抽出装置の第3の実施形態の動作について、以下に説明する。

【0250】本発明の第3の実施形態では、注目閉曲線を分割すると仮定した時の2つの閉曲線を分割候補閉曲線、注目閉曲線をその最近接閉曲線と結合すると仮定した時の結合閉曲線を結合候補閉曲線とする。図41の分割・結合閉曲線設定実行制御手段19は制御点の最適位置探索が閉曲線を一巡するたびに動作をする。

【0251】この分割・結合閉曲線設定実行制御手段19では次の輪郭抽出の一巡で、閉曲線の分割と結合を伴わない通常の動的輪郭抽出を行うか、閉曲線の分割と結合の制御のみを行うかを判定する。通常の動的輪郭抽出を行う場合は、制御点探索位置設定手段6で注目制御点の最適位置探索のための探索点を設定し、閉曲線評価関数値記憶手段8で制御点探索位置設定手段6をもとに動的輪郭抽出評価関数値計算手段10を用いて評価関数値を計算してその値を記憶し、制御点最適位置決定手段14で閉曲線評価関数値記憶手段8の結果より注目制御点の最適位置を決定し、最適位置探索対象制御点変更手段15で次に最適位置探索を行う制御点に注目制御点を変更する。

【0252】閉曲線の分割と結合の制御のみを行う場合は、分割・結合閉曲線設定手段7で分割候補閉曲線と結合候補閉曲線を設定し、分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段9において分割・結合閉曲線設定手段7で設定された閉曲線に対する評価関数値を動的輪郭抽出評価関数値計算手段10を用いて計算してその値を記憶し、評価関数値比較手段11において分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段9の値を比較し、分割・結合実行制御手段12で評価関数値比較手段11の比較の結果をもとにして閉曲線の分割と結合を制御し、分割生成閉曲線座標記憶手段13において閉曲線の分割の結果生成した閉曲線の構成制御点座標を記憶する。

【0253】次に、図41に示される本発明に係る動的輪郭抽出装置の第3の実施形態の動作例について、図面を参照して説明する。

【0254】本発明の第3の実施形態の第1の動作例を、図42～図52に示す。図42は、図41の注目閉曲線選択手段3、閉曲線初期設定手段4、動的輪郭抽出手段20、動的輪郭抽出終了判定手段17、分割・結合閉曲線設定実行制御手段19の動作を示すフローチャートであり、図43は、図42のステップF12の動作を示すフローチャートであり、図44、図45、図46、及び、図47は、図42のステップF8の動作を示すフローチャートであり、図48、及び、図49は、図46に示されるフローチャートのステップF75の動作を示すフローチャートであり、図50、図51、及び、図52は、図45のステップF70の動作を示すフローチャートであり、図53は図45のステップF53の動作を示すフローチャートである。

【0255】図42に示されるフローチャートの各ステップは、それぞれ図2の対応するステップと同じ動作をする。

【0256】次に、図42のステップF12の動作を、図43に示されるフローチャートを用いて説明する。図43の各ステップは、それぞれ図3の対応する各ステップと同じ動作をする。

【0257】次に、図42のステップF8の動作を、図44、図45、図46、及び、図47に示されるフローチャートを用いて説明する。

【0258】ステップF45～F47、F50、F58～F62は図4、及び、図5のA40～A42、A44、A56～A60と同じ動作をする。ステップF48では制御点の最適位置探索が一巡するたびに1が加算される変数cntおよび次のステップF49で設定される配列sep、uniの添字r'、r"の値が1に初期化される。

【0259】また、閉曲線の分割の制御のみを行うcntの値が配列sep[1]、sep[2]、・・・に保存され、閉曲線の結合の制御のみを行うcntの値が配列uni[1]、uni[2]、・・・に保存される（ステップF48、F49はともに図41の閉曲線初期設定手段4）。

【0260】また、図45に示されるように、ステップF51（図41の分割・結合閉曲線設定実行制御手段19）ではcntの値が配列sepの要素値のいずれか、若しくは配列uniの要素値のいずれかと等しいか否かが判定され、等しい要素値がある場合（Yes）はステップF63に処理が移り、等しくない場合（No）にはステップF52に処理が移る。

【0261】ステップF52では注目制御点の番号を表す変数iが1に初期化される。ステップF53（図41の閉曲線評価関数値記憶手段8）では、第i制御点

が注目制御点として選択され、注目制御点の最適位置 P が計算される。ステップ F 5 4 (図 4 1 の制御点最適位置決定手段 1 4) では注目制御点の座標が前ステップ F 5 3 で求めた点 P に変更される。

【0262】また、図 4 6 に示されるように、ステップ F 5 5 (図 4 1 の制御点探索位置設定手段 6) では、注目制御点として注目閉曲線上の全ての構成制御点が選択されたか否かが判定され、選択が完了した場合 (Yes) は図 4 7 のステップ F 8 1 に処理を移し、完了していない場合 (No) は図 4 5 のステップ F 5 6 に処理を移す。

【0263】ステップ F 5 6 (図 4 1 の最適位置探索対象制御点変更手段 1 5) では、i に 1 が加算されてステップ F 5 3 に降に処理を戻す。ステップ F 6 3 では計算されている E' の値が変数 EI に代入される。ステップ F 6 4 では、cnt が uni[r"] と等しいか否かが判定され、等しい場合 (Yes) はステップ F 6 5 に処理を移し、等しくない場合 (No) はステップ F 8 4 に処理を移す。

【0264】ステップ F 6 5 ~ F 6 8 は図 4、及び、図 5 に示されるフローチャートの A 4 5 ~ A 4 8 と同じ動作をする。ステップ F 6 9 では r" に 1 が加算され、個々の結合候補閉曲線にラベルをつける変数 k" の値が 1 に初期化される (ステップ F 6 3 ~ F 6 9 は図 4 1 の分割・結合閉曲線設定手段 7)。ステップ F 7 0 (図 4 1 の分割・結合閉曲線設定手段 7、分割・結合実行制御手段 1 2) では、配列 C より結合候補閉曲線座標配列 U と結合候補閉曲線評価関数値配列 E 0 が計算される。図 4 6 のステップ F 7 1 (図 4 1 の評価関数値比較手段 1 1) では、前ステップ F 7 0 で計算された配列 E 0[k"] (k" = 1、2、...) を用いて

$$E 0[k"] < E I + E I I \quad (8)$$

を満たす k" が存在するか否かが判定され、存在する場合 (Yes) はステップ F 7 2 に処理が移り、存在しない場合 (No) はステップ F 8 3 に処理が移る。

【0265】ステップ F 7 2 (図 4 1 の分割・結合実行制御手段 1 2) では E 0[k"] が最小の時の k" の値が k 0" とされる。ステップ F 7 3 (図 4 1 の評価関数値比較手段 1 1) では cnt の値が sep[r'] と等しいか否かが判定され、等しい場合 (Yes) はステップ F 7 4 に処理が移り、等しくない場合 (No) はステップ F 8 2 に処理が移る。

【0266】ステップ F 7 4 (図 4 1 の分割・結合閉曲線設定手段 7) では、r' に 1 が加算され、個々の分割候補閉曲線にラベルをつける変数 k' の値が 1 に初期化される。ステップ F 7 5 (図 4 1 の分割・結合閉曲線設定手段 7、分割・結合実行制御手段 1 2) では、配列 C より分割候補閉曲線座標配列 C 1、C 2 と分割候補閉曲線評価関数値配列 E 1、E 2 が計算される。ステップ F 7 6 (図 4 1 の評価関数値比較手段 1 1) では、前ステ

ップ F 7 5 で計算された配列 E 1[k']、E 2[k'] (k' = 1、2、...) を用いて

$$E I > E 1[k'] + E 2[k'] \quad (9)$$

を満たす k' が存在するか否かが判定され、存在する場合 (Yes) はステップ F 7 7 に処理が移り、存在しない場合 (No) はステップ F 7 9 に処理が移る。

【0267】ステップ F 7 7 (図 4 1 の分割・結合実行制御手段 1 2) では E 1[k'] + E 2[k'] が最小の時の k' の値が k 1' とされる。ステップ F 7 8 (図 4 1 の分割・結合実行制御手段 1 2) では E 0[k0"] と E 1[k'] + E 2[k'] の大小が判定され、E 0[k0"] の方が小さい場合 (Yes) は、ステップ F 7 9 に処理が移り、大きい場合 (No) は、ステップ F 8 0 に処理が移る。

【0268】ステップ F 7 9 (図 4 1 の分割・結合実行制御手段 1 2、分割生成閉曲線座標値記憶手段 1 3) では配列 U[k0"][1]、U[k0"][2]、... が配列 C' とされ、分割生成閉曲線座標配列 F の要素値が全て -1 とされる。

【0269】ステップ F 8 0 (図 4 1 の分割・結合実行制御手段 1 2、分割生成閉曲線座標値記憶手段 1 3) では配列 C 1[k1'][1]、C 2[k1'][2]、... が配列 C' とされ、C 2[k1'][1]、C 2[k1'][2]、... が分割生成閉曲線座標配列 F[kk][1]、F[kk][2]、... とされる。

【0270】ステップ F 8 2 はステップ F 7 9 と同じ動作をする。ステップ F 8 3 (図 4 1 の分割・結合実行制御手段 1 2、分割生成閉曲線座標値記憶手段 1 3) では、配列 C が配列 C' とされ、分割生成閉曲線座標配列 F の要素値が -1 とされる。ステップ F 8 4、ステップ F 8 5 は、それぞれステップ F 7 4、F 7 5 と同じ動作をし、ステップ F 8 6 はステップ F 7 6 と同じ動作をする。

【0271】図 4 5 のステップ F 8 6 で条件を満たす k' が存在する場合 (Yes) はステップ F 8 7 に処理が移り、存在しない場合 (No) はステップ F 8 9 に処理が移る。ステップ F 8 7、F 8 8、F 8 9 はそれぞれ F 7 7、F 8 0、F 8 3 と同じ動作をする。ステップ F 9 0 (図 4 1 の注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段 1 6) では配列 C' と配列 F が出力される。

【0272】次に、図 4 6 に示されるフローチャートのステップ F 7 5 の動作を図 4 8、及び、図 4 9 を用いて説明する。

【0273】ステップ F 1 0 0 (図 4 1 の分割・結合閉曲線設定手段 7) では、注目閉曲線上の制御点で分割線の端点 1 として用いる制御点の番号を表す変数 i の値が、1 に初期化される。ステップ F 1 0 1 ~ F 1 1 1 は、ステップ F 1 0 2、F 1 0 3 で端点 1 と端点 2 の座標を保存せず、ステップ F 1 0 4 で前ステップ F 1 0 2、F 1 0 3 で選択した端点を結んで出来る 2 つの閉曲線 1、2 のうち、閉曲線 1 の座標を配列 C 1[k']

[1]、C1[k'][2]、・・・、閉曲線 2 の座標を配列 C2[k'][1]、C2[k'][2]、・・・に保存し、ステップ F106、F108 で評価関数値を配列 E1[k']、E2[k'] に保存し、ステップ F109 で j と比較する値が注目閉曲線の構成制御点数 N である以外は、図 8 のステップ A100～A110 の対応するステップと同じ動作をする。

【0274】図 49 のステップ F112 (図 41 の分割・結合閉曲線設定手段 7) では i の値が N-1 と等しいか否かが判定され、等しい場合 (Yes) はステップ F115 に処理が移り、等しくない場合 (No) はステップ F113 に処理が移る。

【0275】ステップ F113 では i に 1 が加算され、ステップ F114 で k' に 1 が加算されて処理が F101 以降に戻される (ステップ F113、F114 は図 41 の分割・結合閉曲線設定手段 7)。ステップ F115 (図 41 の分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段 9) では配列 E1、E2、C1、C2 が出力される。

【0276】次に、図 45 のステップ F70 の動作を図 50、図 51、及び、図 52 に示されるフローチャートを用いて説明する。

【0277】図 50 のステップ F125 (図 41 の分割・結合閉曲線設定手段 7) では、注目閉曲線上の制御点で結合線の端点 C1 として用いる制御点の番号を表す変数 i の値が、1 に初期化される。ステップ F126～F149 は、結合候補閉曲線座標を配列 U[k"][1]、U[k"][2]、・・・に保存し、結合候補閉曲線評価関数値を配列 E0[k"]、E0[k"]、・・・に保存し、ステップ F147 で j と比較する数が注目閉曲線の構成制御点数 N であり、4 端点 C1、C2、C1'、C2' の座標を保存しない以外は、図 9、及び、図 10 に示されるフローチャートのステップ A120～A144 の対応するステップと同じ動作をする。図 52 のステップ F150 (図 41 の分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段 7) では i の値が N-1 と等しいか否かが判定され、等しい場合 (Yes) はステップ F153 に処理が移り、等しくない場合 (No) はステップ F151 に処理が移る。

【0278】ステップ F151 では i に 1 が加算され、図 51 のステップ F152 で k" に 1 が加算されて処理が図 50 のステップ F126 に戻される (ステップ F151、F152 は図 41 の分割・結合閉曲線設定手段 7)。図 52 のステップ F153 (図 41 の分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段 9) では配列 E0、U が出力される。

【0279】次に、図 45 のステップ F53 の動作について、図 53 に示されるフローチャートを用いて説明する。

【0280】図 53 のステップ F160～F167 は、配列 C に対する評価関数値が配列 ER に保存される以外

は、それぞれ図 6、及び、図 7 に示されるフローチャートのステップ A70～A72、A74～A76、A79、A80 の対応するステップと同じ動作をする。

【0281】ステップ F168 (図 41 の分割・結合実行制御手段 12) では、計算された ER[k] の最小値に対応する k を選択し、ステップ F160 で設定した 9 個の点のうち、選択した k 番目の点を注目制御点の最適位置 P として算出する。

【0282】この動作例において、ステップ F45～F48、F50、F52、F54～F62、およびステップ F53 中のステップ F160～F168 が Greedy アルゴリズムであるが、この部分は、注目制御点を閉曲線評価関数値が小さくなる位置へ更新する計算方法であれば、Greedy アルゴリズム以外の方法を用いることができる。

【0283】上述したように、本発明に係る動的輪郭抽出装置の第 3 の実施形態の第 1 の動作例では、制御点の最適位置探索が閉曲線を一巡するたびに、閉曲線の分割と結合を伴わない通常の動的輪郭抽出を行うか、閉曲線の分割と結合のみを制御するかが判定される。したがって、制御点の最適位置探索と閉曲線の分割と結合の実行制御を並列に行う本発明の第 1 の実施形態、若しくは、第 2 の実施形態と比較して、少ない計算量で輪郭抽出を行うことができる。

【0284】また、本発明に係る動的輪郭抽出装置の第 3 の実施形態の第 1 の動作例は、閉曲線の分割と結合を同時に制御する例であるが、第 1 の実施形態の第 2、第 3、第 4 の動作例と同じく閉曲線の結合のみ、若しくは分割のみを伴う動的輪郭抽出装置にも用いることができる。

【0285】また、本発明の第 3 の実施形態の動作例に関して、最適位置探索のために設定する近傍画素の数を 9 個としたが、この数に制限はない。

【0286】また、本発明の第 3 の実施形態の動作例に関して、分割・結合閉曲線の設定を各制御点の最適位置探索のたびに行う場合について説明したが、曲率の大きい点に対してのみ行うなどの制限があってもよい。

【0287】また、本発明の第 3 の実施形態の動作例に関して、分割線の端点 2 および結合線の端点 C2 を最適位置へ未更新の制御点の中で設定して説明したが、更新済みの制御点を含めてもよい。

【0288】また、本発明の第 3 の実施形態の動作例に関して、入力画像に対する動的輪郭抽出の終了条件を、動的輪郭抽出が行われた閉曲線の延べ総数の上限値で設定して説明したが、終了条件に制限はない。

【0289】さらに、本発明の第 3 の実施形態の動作例に関して、注目閉曲線に対する結合線の設定の仕方に制限はない。

【0290】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明

に係る動的輪郭抽出装置を用いれば、物体の曲率の一周積分を評価関数として用いる事により、図 58 の (a) に示される様な中央部分で大きなへこみ（曲率が大きい）がある物体は、中央で閉曲線が分割されている事で曲率和が小さい 2 つの円形形状になるので式 (2) より閉曲線が分割されて個別に輪郭が抽出される。さらに図 58 の (b) に示される様な中央部分でへこみがあってもそのへこみが小さい（曲率が小さい）場合に中央部分で閉曲線を分割してしまうと、逆にこの分割部分での曲率が大きくなり式 (2) が満たされず、閉曲線は分割され 10 ない。したがって従来の技術の持っていた第 1 の問題点を解決することが可能な動的輪郭抽出装置を提供することができる。

【0291】さらに、本発明の動的輪郭抽出を用いれば、閉曲線の結合は閉曲線評価関数値を用いてその実行の制御をしているので、図 58 の (c) の最下段に示されるような重畳部分が大きい 2 つの物体があった場合、その曲率は 2 物体を 1 つに結合させた方が小さくなり、式 (3) が満たされ 2 つの閉曲線は一つに結合される。従って、従来技術の持っていた第 2 の問題点を解決することが可能な動的輪郭抽出装置を提供することができ 20 る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る動的輪郭抽出装置の第 1 の実施形態の構成のブロック図である。

【図 2】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 3】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 4】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。 30

【図 5】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 6】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 7】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 8】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 9】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。 40

【図 10】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 11】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 2 の動作例を示すフローチャートである。

【図 12】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 2 の動作例を示すフローチャートである。

【図 13】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 2 の動作例を示すフローチャートである。

【図 14】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 2 の動 50

作例を示すフローチャートである。

【図 15】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 2 の動作例を示すフローチャートである。

【図 16】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 2 の動作例を示すフローチャートである。

【図 17】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 3 の動作例を示すフローチャートである。

【図 18】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 3 の動作例を示すフローチャートである。

【図 19】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 3 の動作例を示すフローチャートである。

【図 20】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 3 の動作例を示すフローチャートである。

【図 21】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 3 の動作例を示すフローチャートである。

【図 22】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 3 の動作例を示すフローチャートである。

【図 23】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 4 の動作例を示すフローチャートである。

【図 24】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 4 の動作例を示すフローチャートである。

【図 25】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 4 の動作例を示すフローチャートである。

【図 26】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 4 の動作例を示すフローチャートである。

【図 27】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 4 の動作例を示すフローチャートである。

【図 28】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 4 の動作例を示すフローチャートである。

【図 29】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 4 の動作例を示すフローチャートである。

【図 30】図 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 4 の動作例を示すフローチャートである。

【図 31】本発明に係る動的輪郭抽出装置の第 2 の実施形態の構成を示すブロック図である。

【図 32】図 31 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 33】図 31 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 34】図 31 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 35】図 31 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 36】図 31 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 37】図 31 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 38】図 31 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 39】図 31 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の

動作例を示すフローチャートである。

【図 4 0】図 3 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 4 1】本発明に係る動的輪郭抽出装置の第 3 の実施形態の構成を示すブロック図である。

【図 4 2】図 4 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 4 3】図 4 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 4 4】図 4 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。 10

【図 4 5】図 4 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 4 6】図 4 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 4 7】図 4 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 4 8】図 4 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 4 9】図 4 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。 20

【図 5 0】図 4 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 5 1】図 4 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 5 2】図 4 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 5 3】図 4 1 に示される動的輪郭抽出装置の第 1 の動作例を示すフローチャートである。

【図 5 4】本発明に係る分割閉曲線の設定方法を示す概念図である。 30

【図 5 5】本発明に係る結合閉曲線の設定方法を示す概念図である。

【図 5 6】従来の動的輪郭抽出装置の構成を示すブロック図である。

【図 5 7】従来の動的輪郭抽出装置の構成を示すブロック図である。

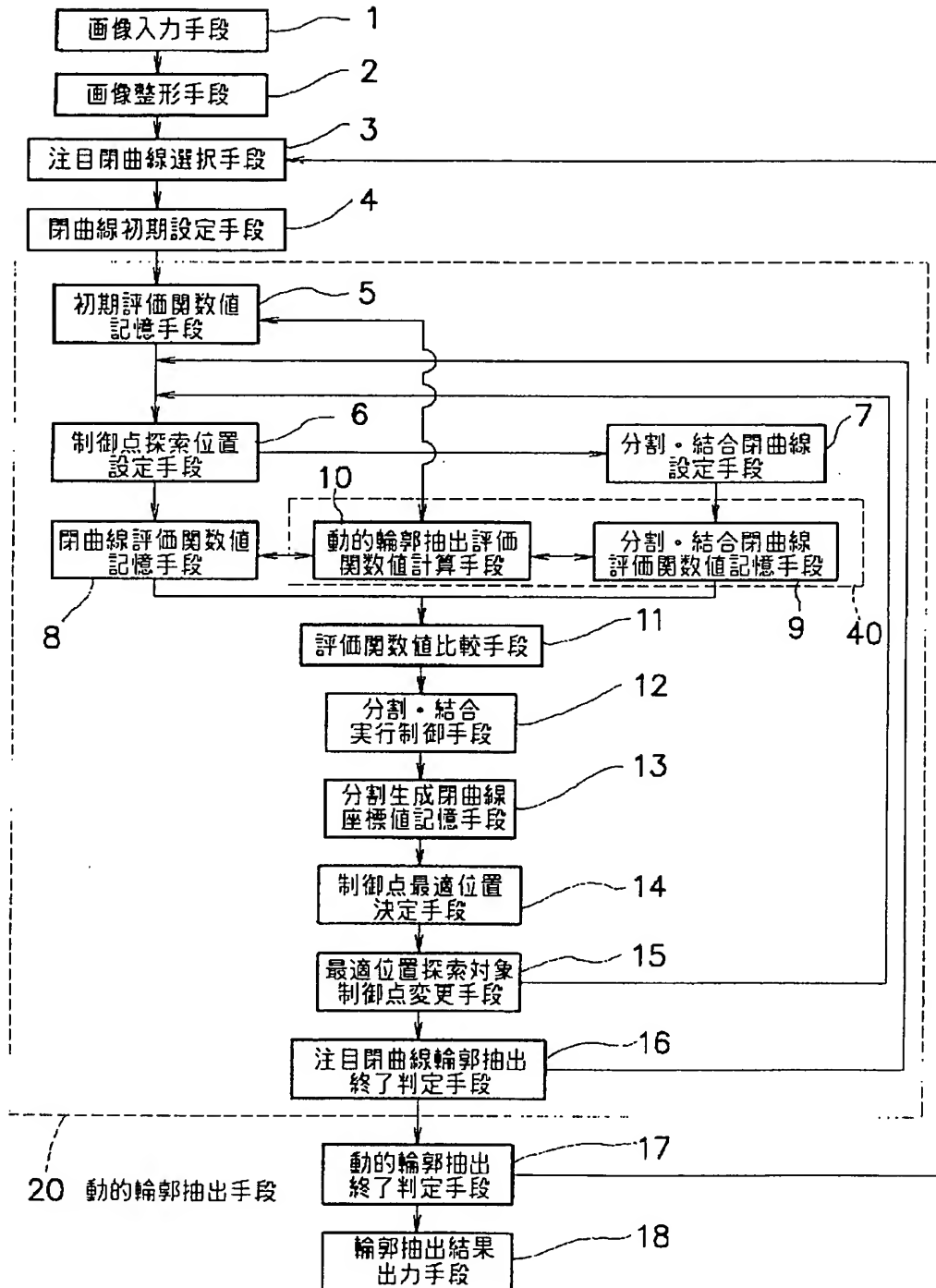
【図 5 8】従来の閉曲線の分割、及び結合を実行する際の概念図である。

【図 5 9】従来の閉曲線の結合を実行する際の概念図である。

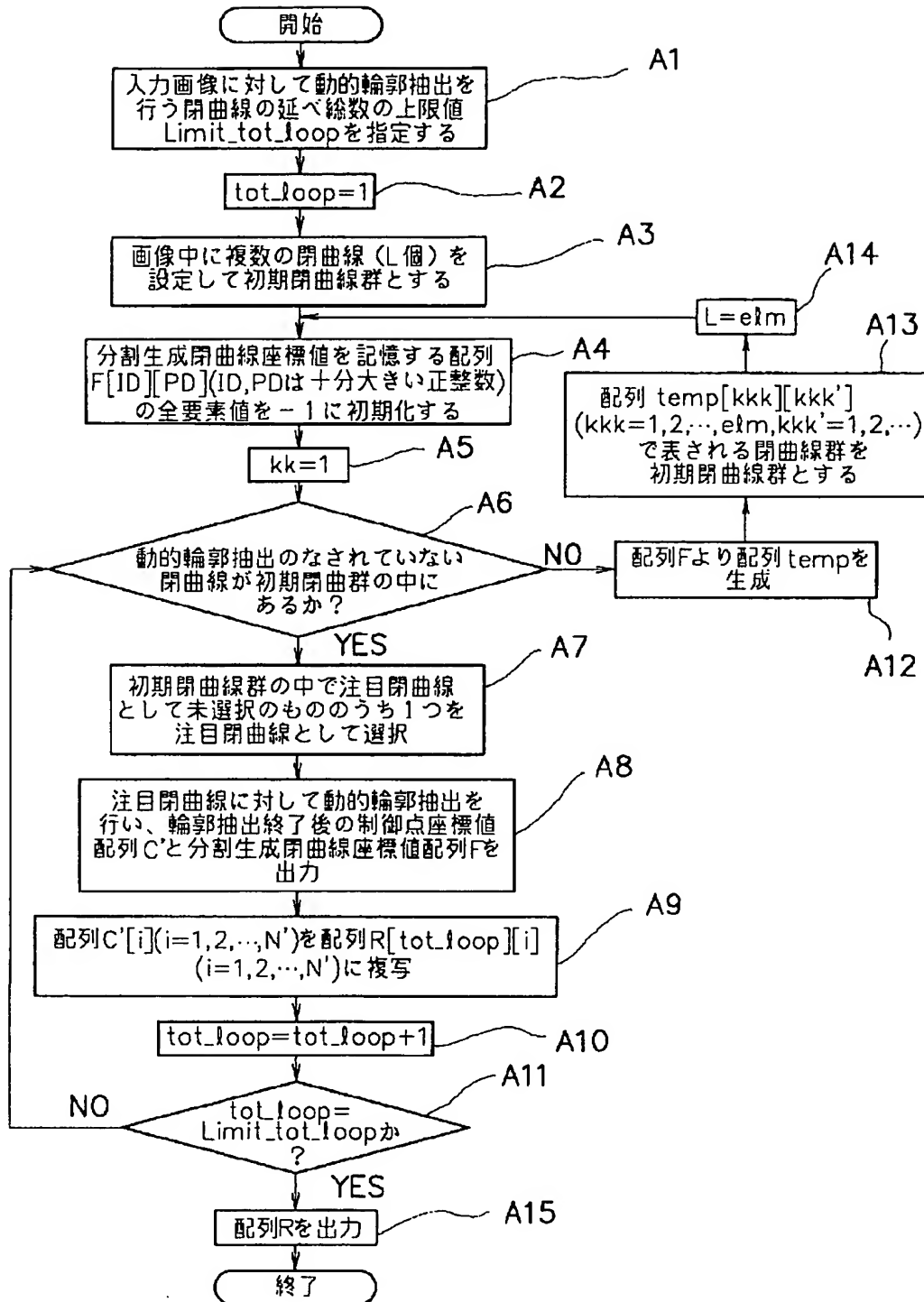
【符号の説明】

- 1 画像入力手段
- 2 画像整形手段
- 3 注目閉曲線選択手段
- 4 閉曲線初期設定手段
- 5 初期評価関数値記憶手段
- 6 制御点探索位置設定手段
- 7 分割・結合閉曲線設定手段
- 8 閉曲線評価関数値記憶手段
- 9 分割・結合閉曲線評価関数値記憶手段
- 1 0 動的輪郭抽出評価関数値計算手段
- 1 1 評価関数値比較手段
- 1 2 分割・結合実行制御手段
- 1 3 分割生成閉曲線座標値記憶手段
- 1 4 制御点最適位置決定手段
- 1 5 最適位置探索対象制御点変更手段
- 1 6 注目閉曲線輪郭抽出終了判定手段
- 1 7 動的輪郭抽出終了判定手段
- 1 8 輪郭抽出結果出力手段
- 1 9 分割・結合閉曲線設定実行制御手段
- 2 0 動的輪郭抽出手段

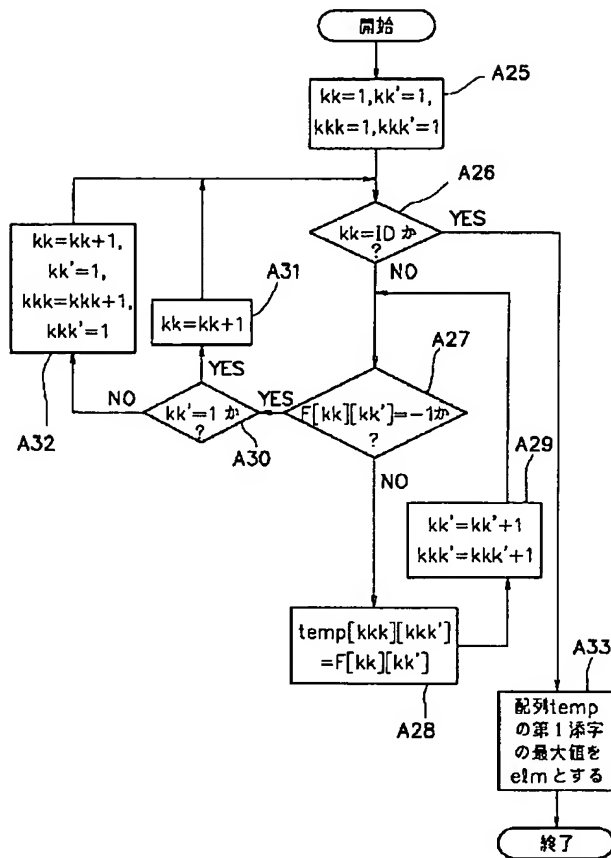
【図1】



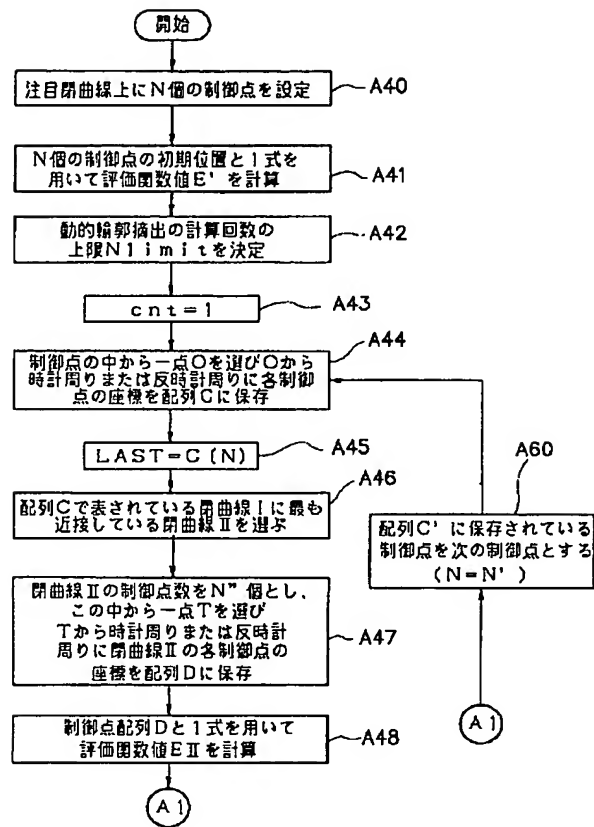
【図2】



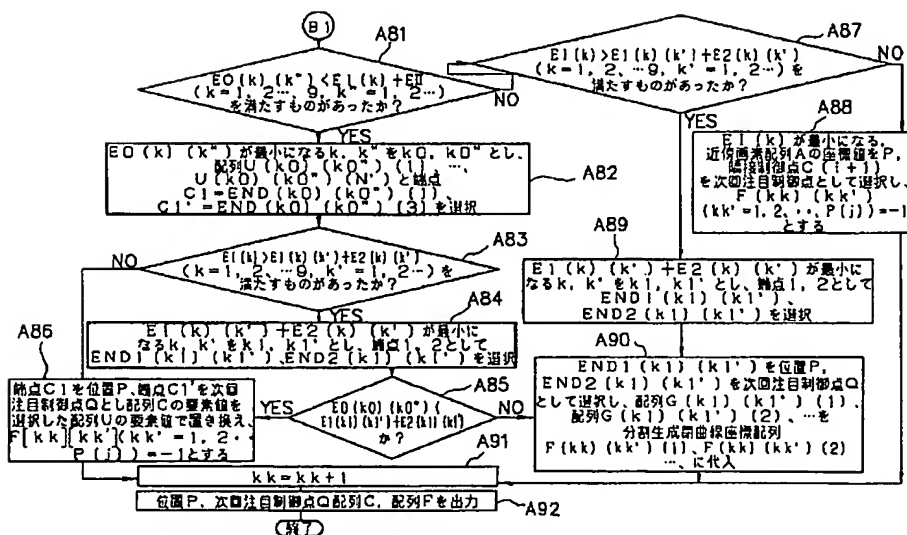
【図3】



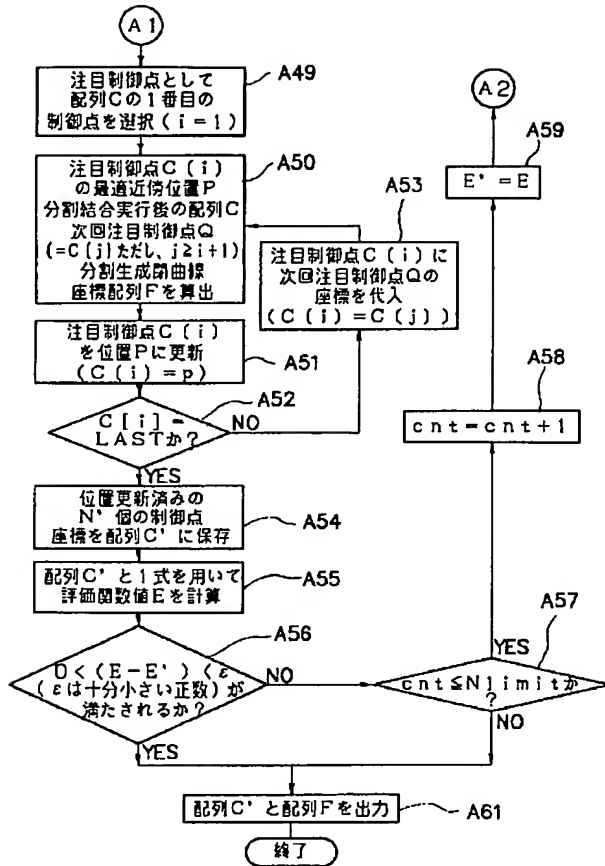
【図4】



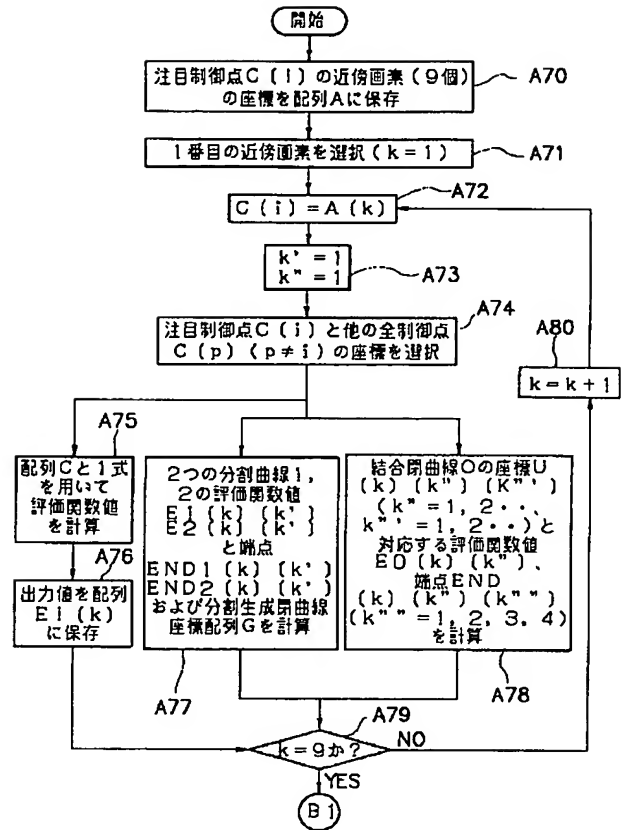
【図7】



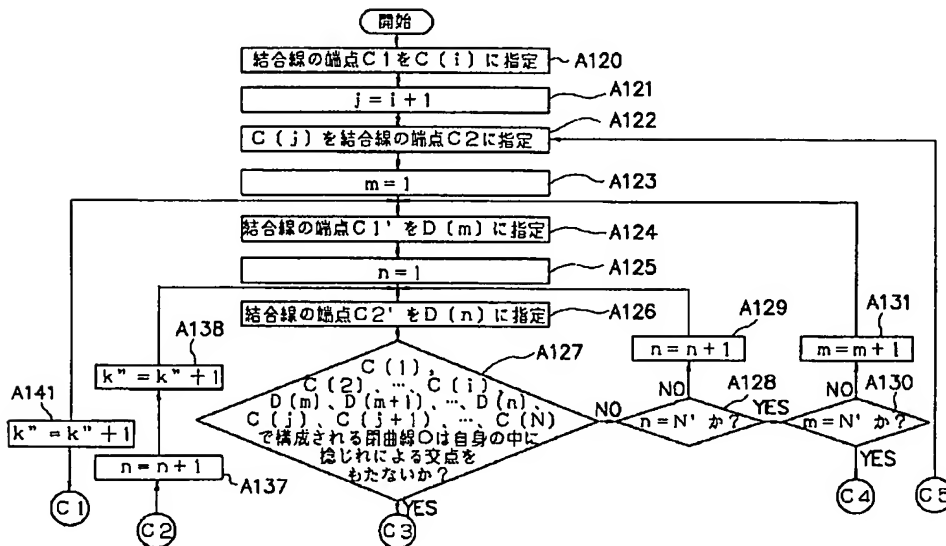
【図5】



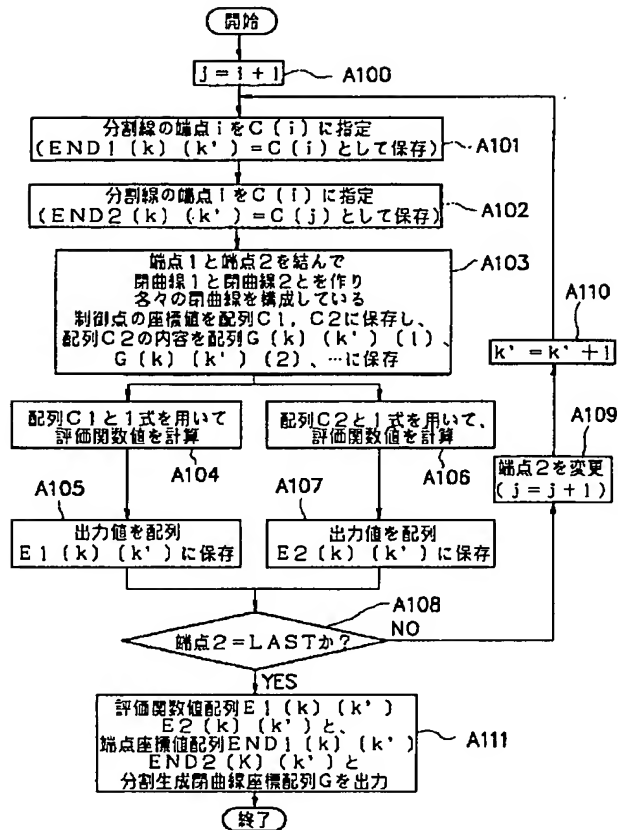
【図6】



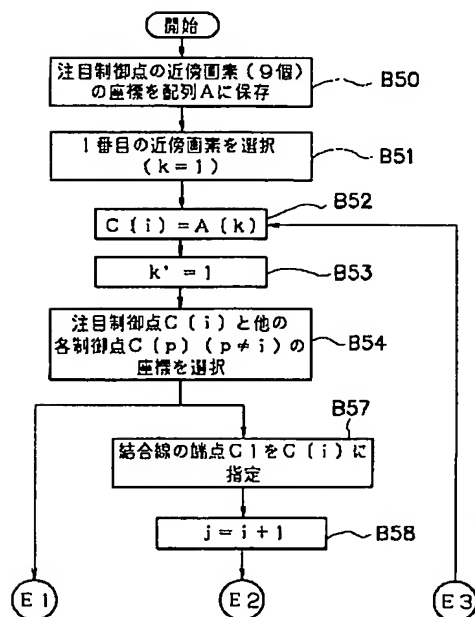
【図9】



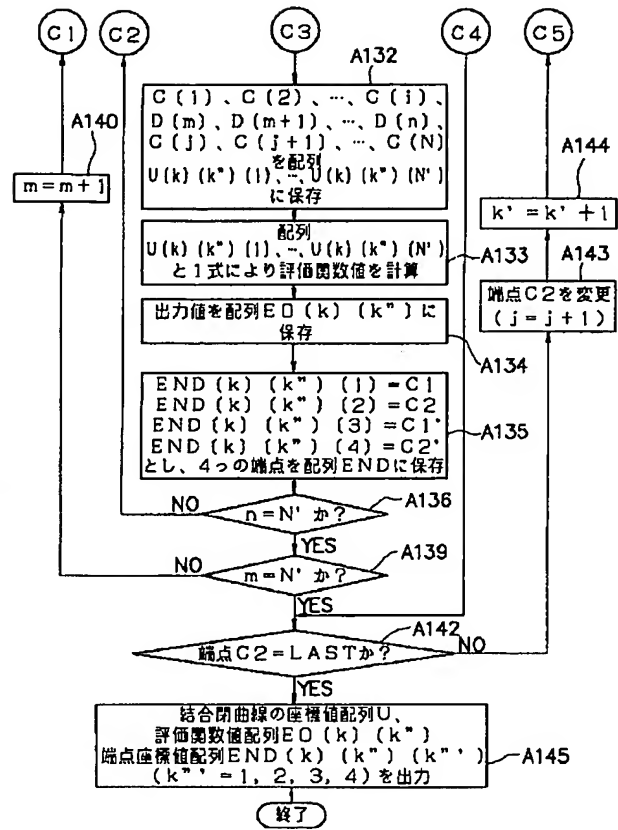
【図8】



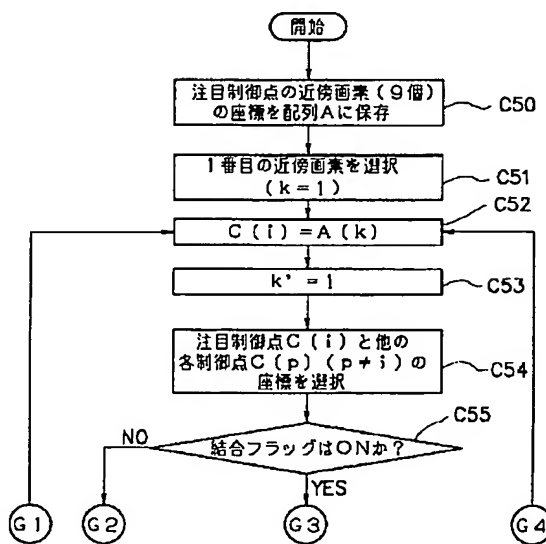
【図14】



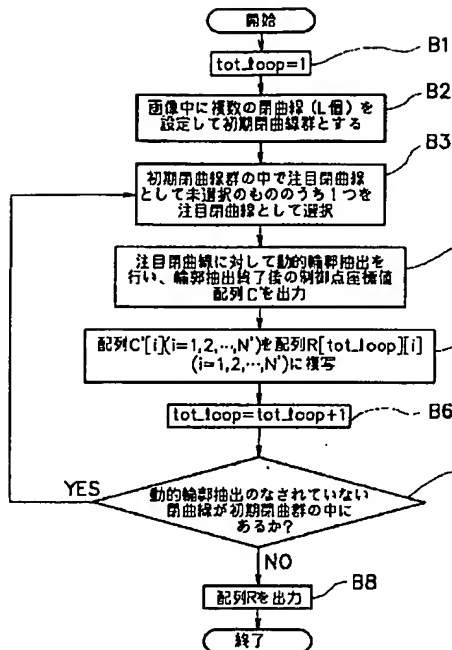
【図10】



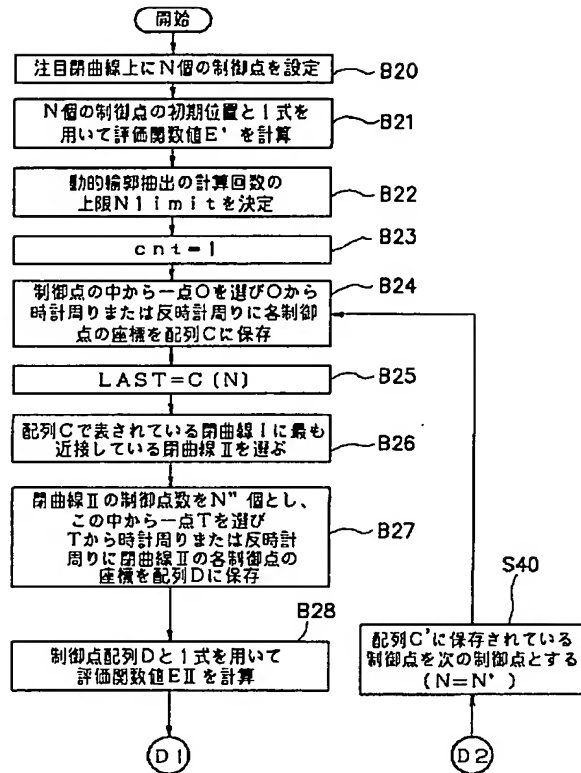
【図20】



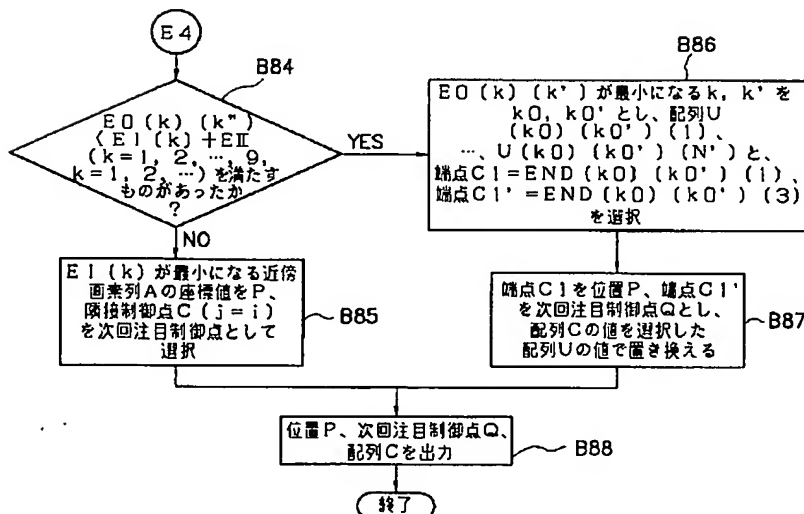
【図 11】



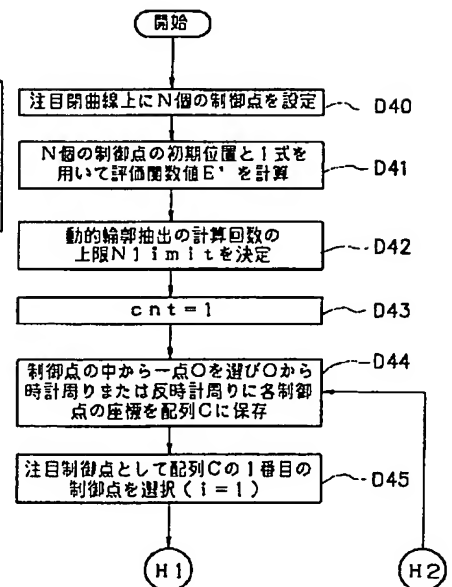
【図 12】



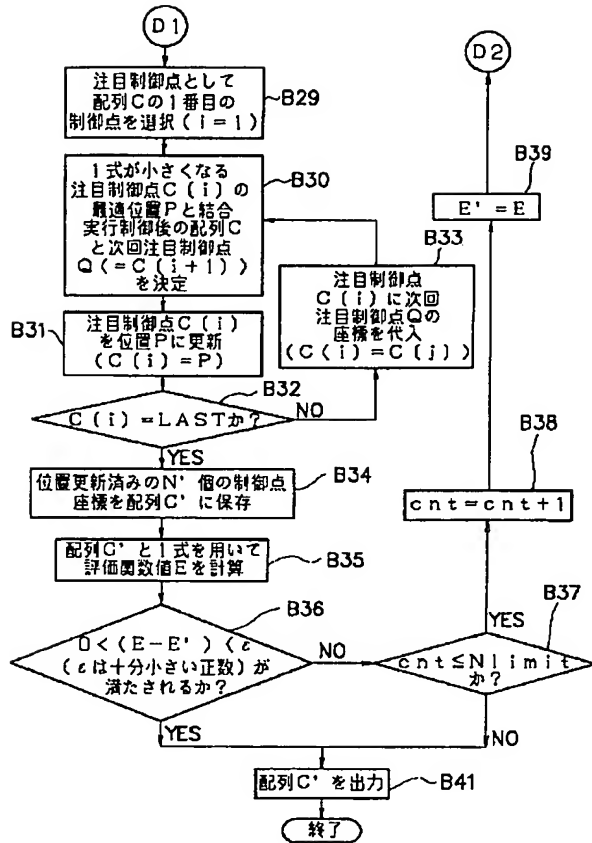
【図 16】



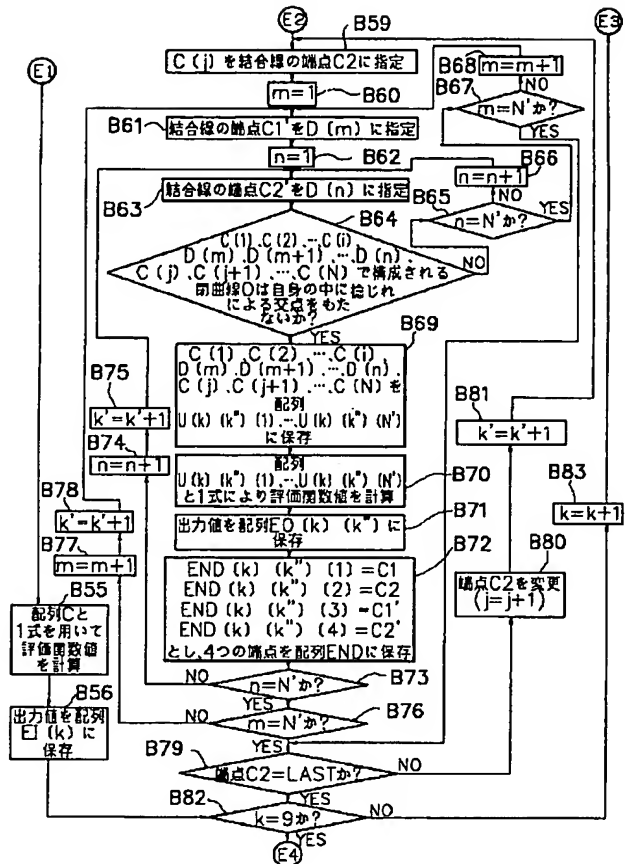
【図 25】



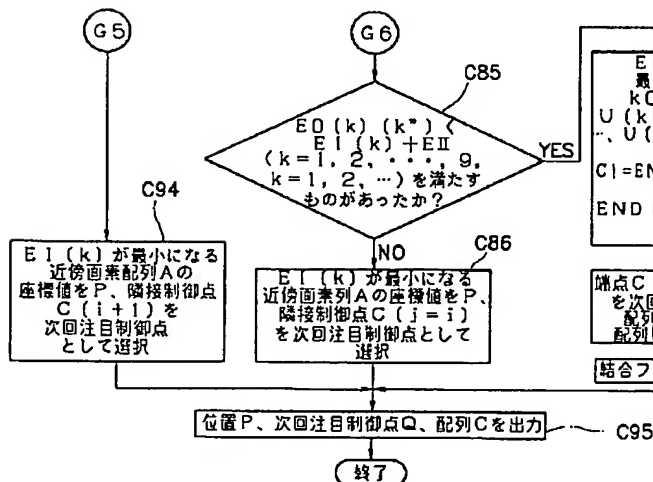
【図13】



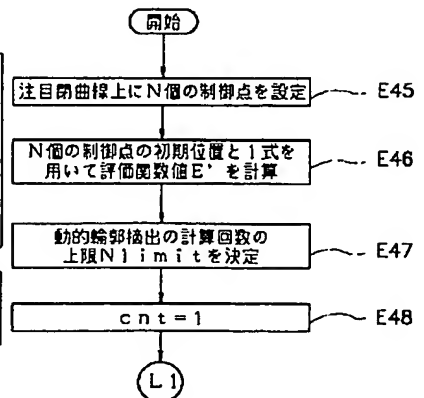
【図15】



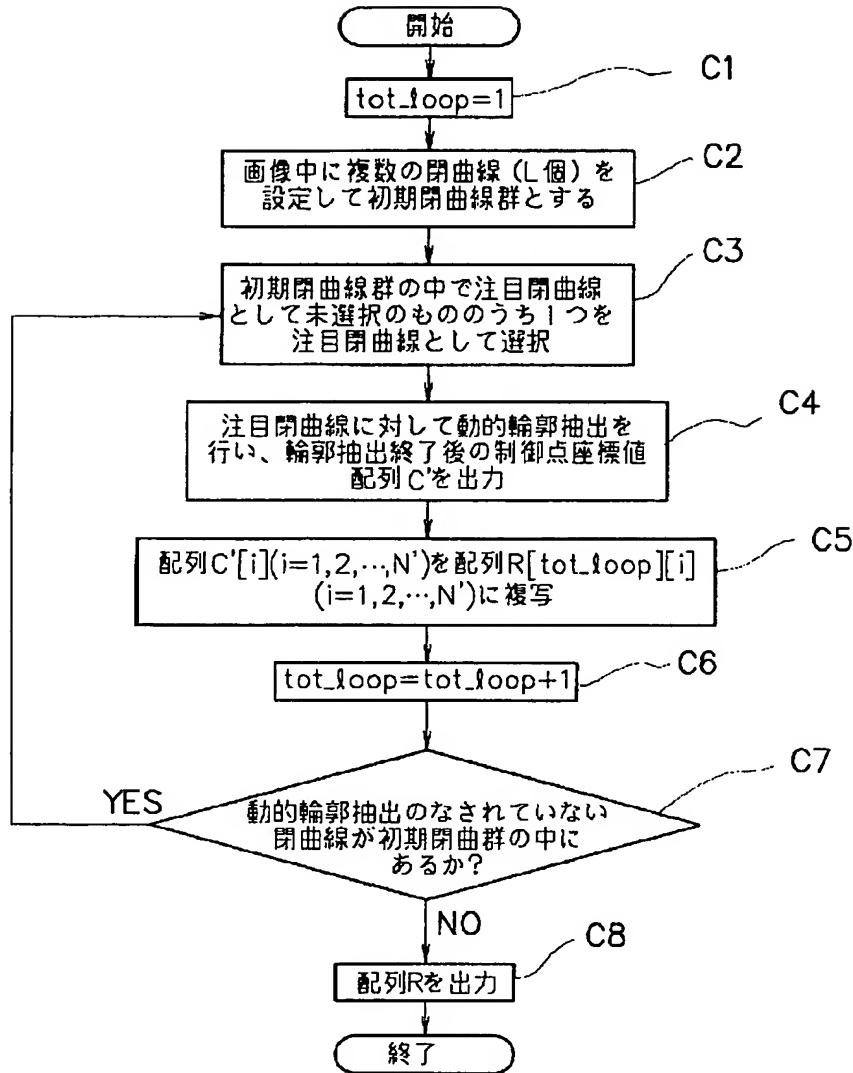
【図22】



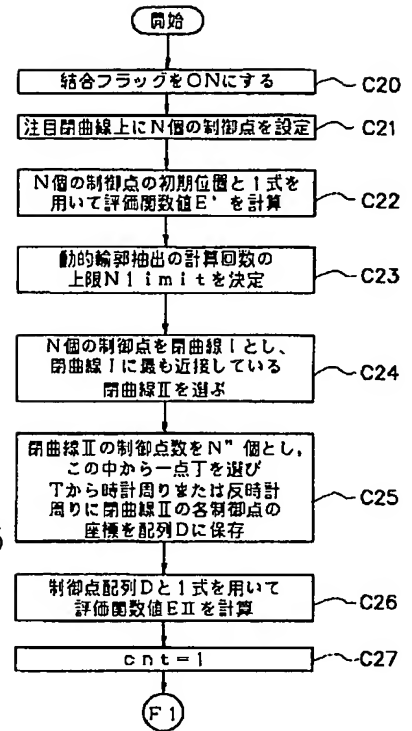
【図34】



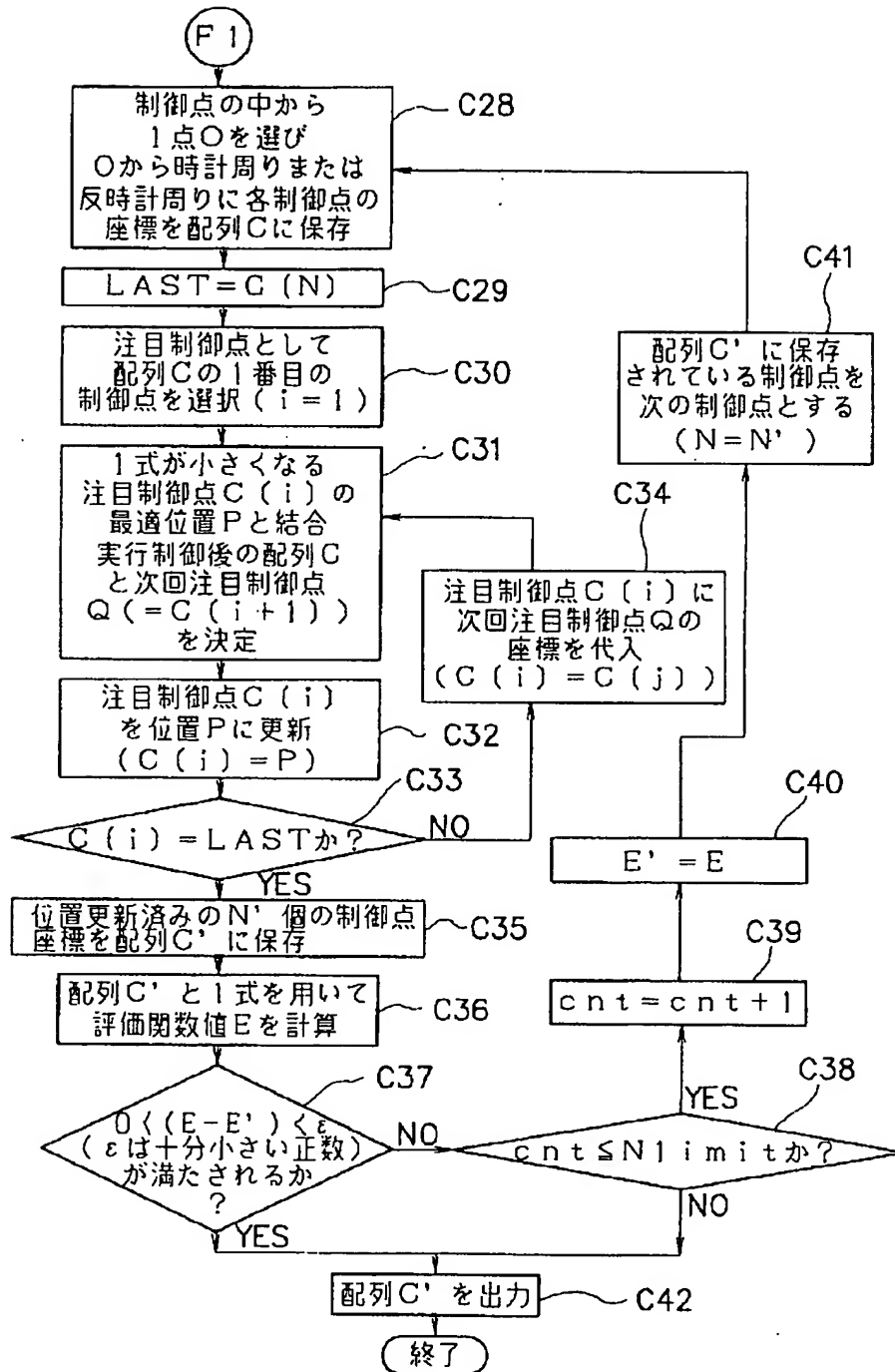
【図 17】



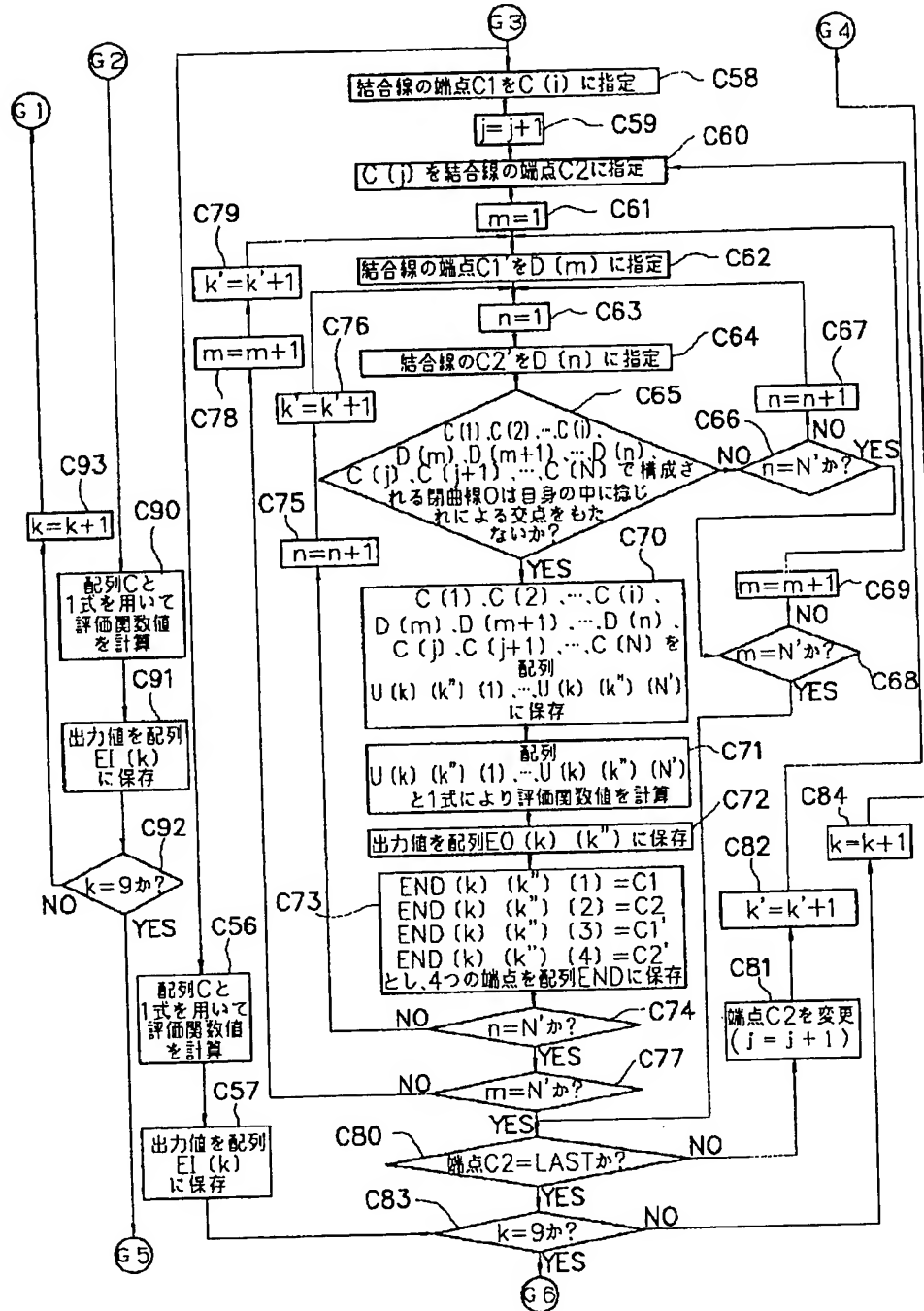
【図 18】



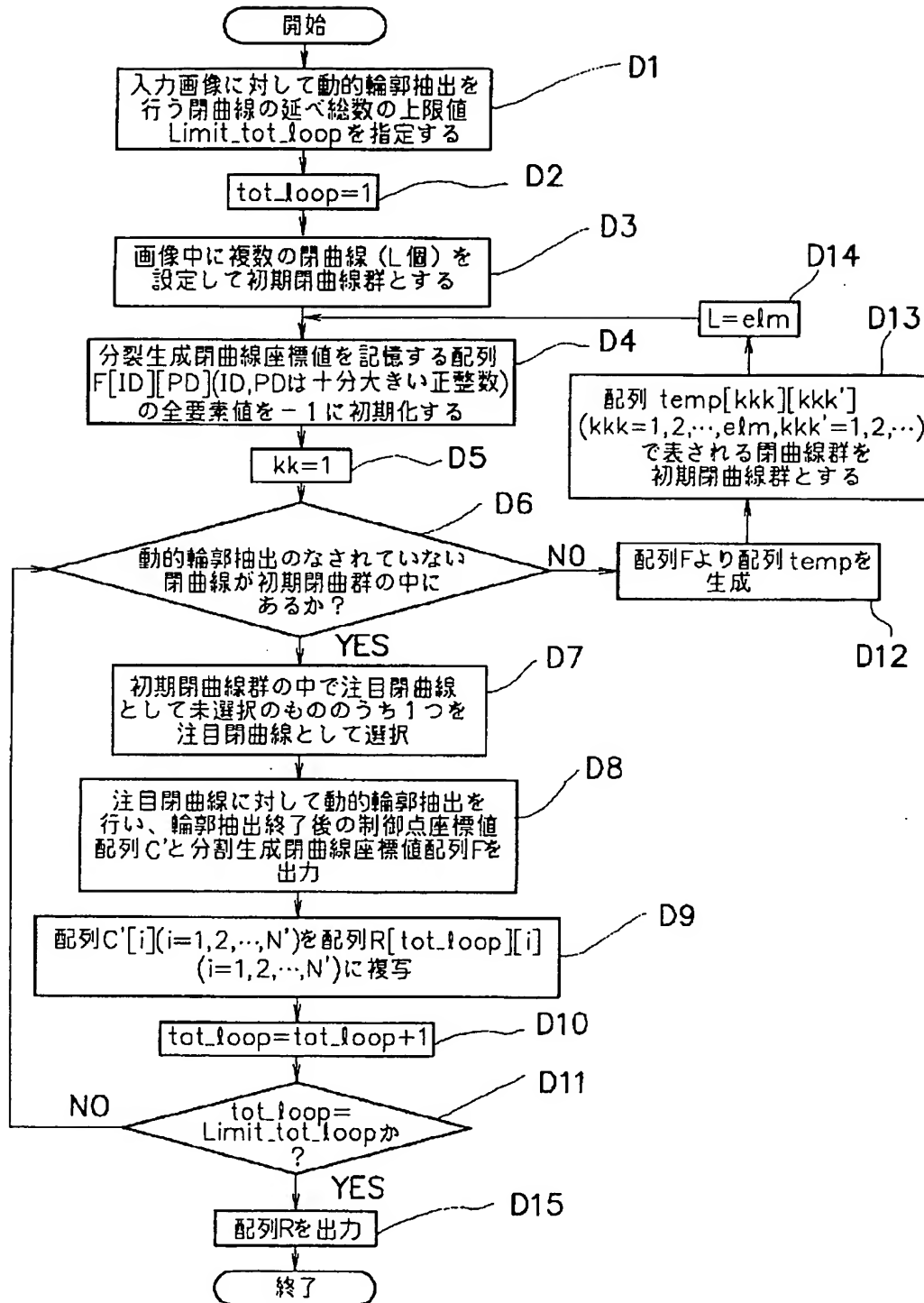
【図19】



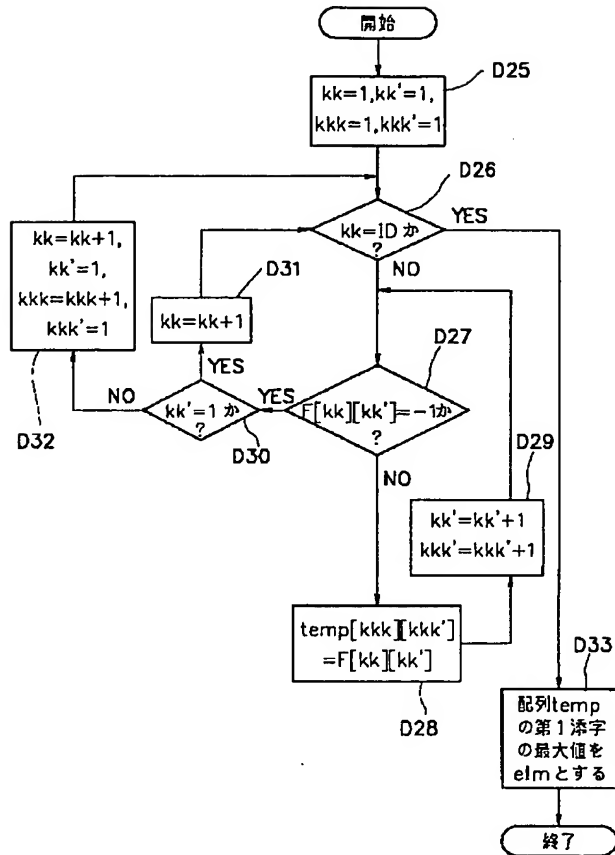
【図21】



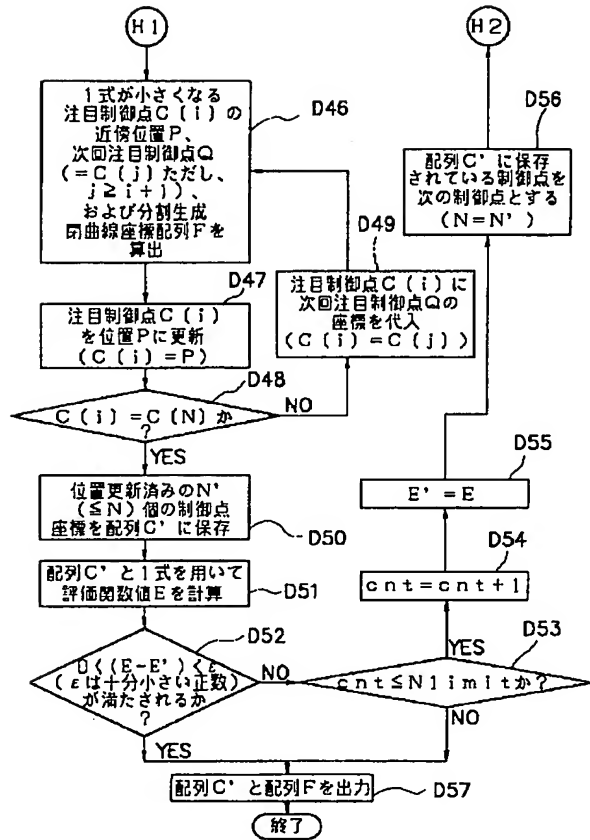
【図23】



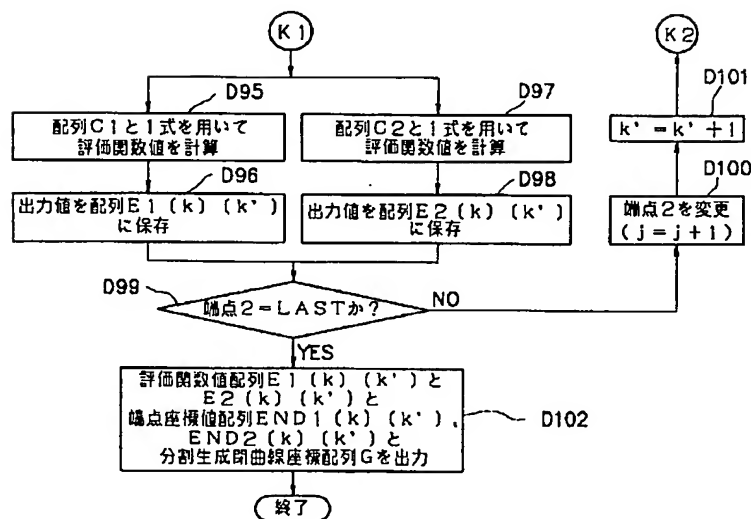
【図24】



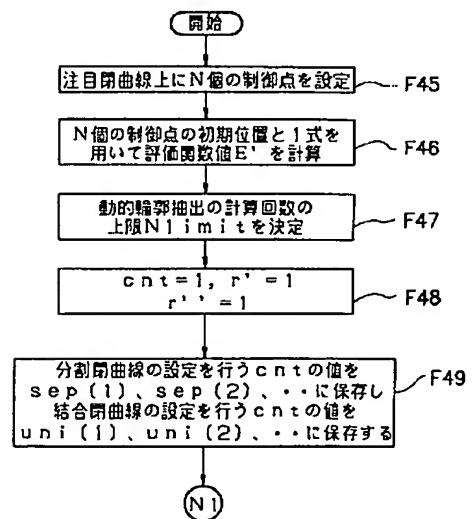
【図26】



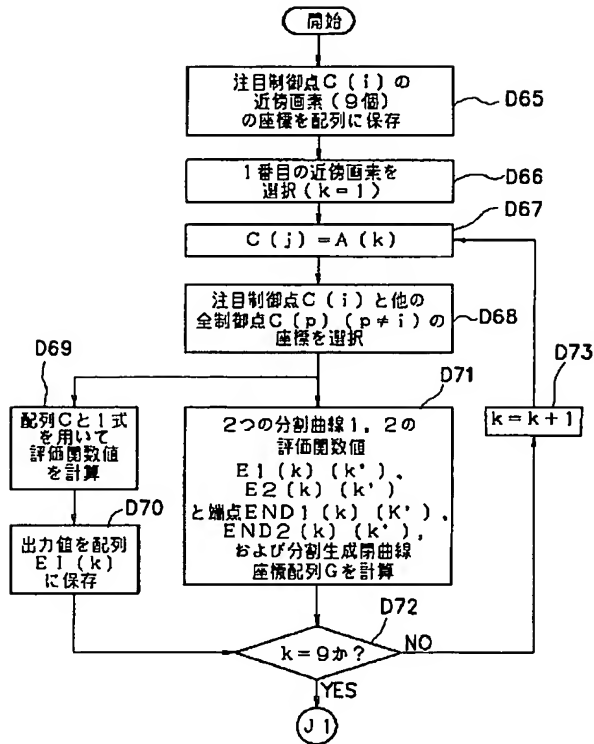
【図30】



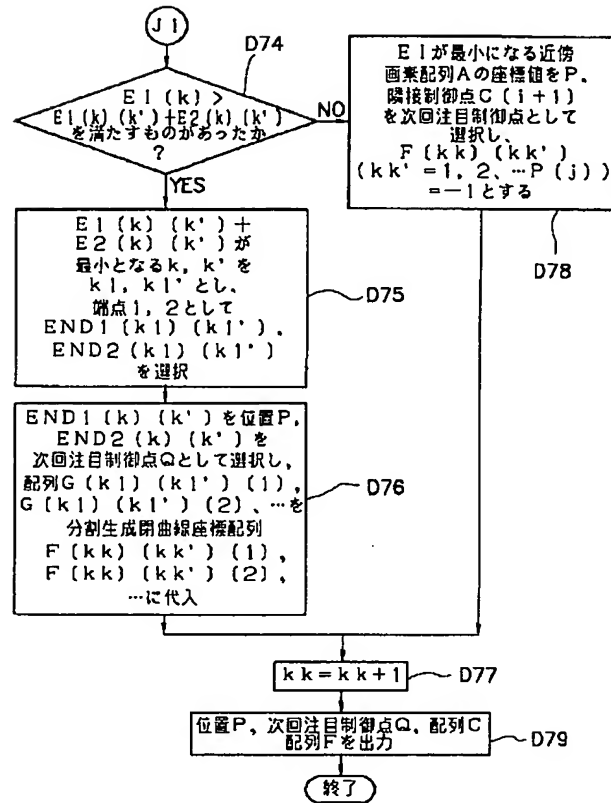
【図44】



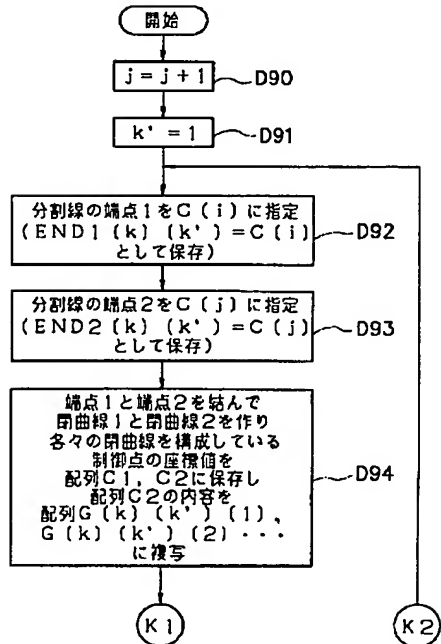
【図27】



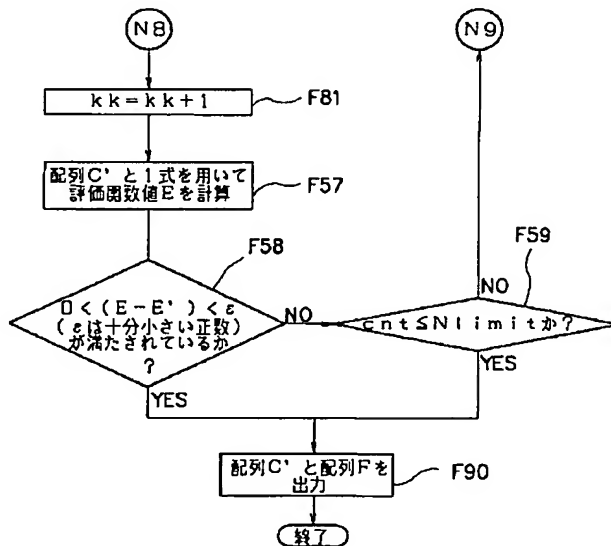
【図28】



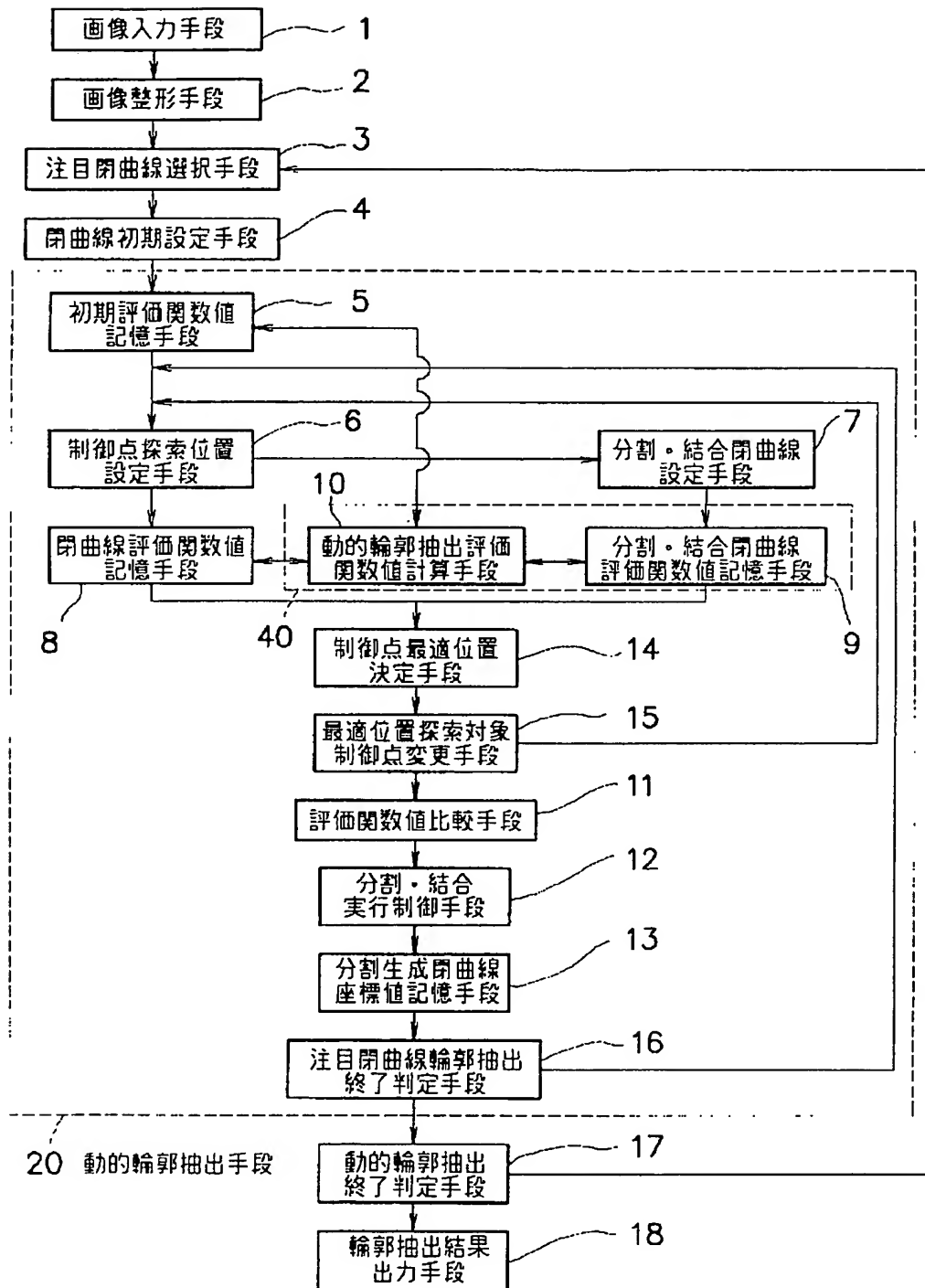
【図29】



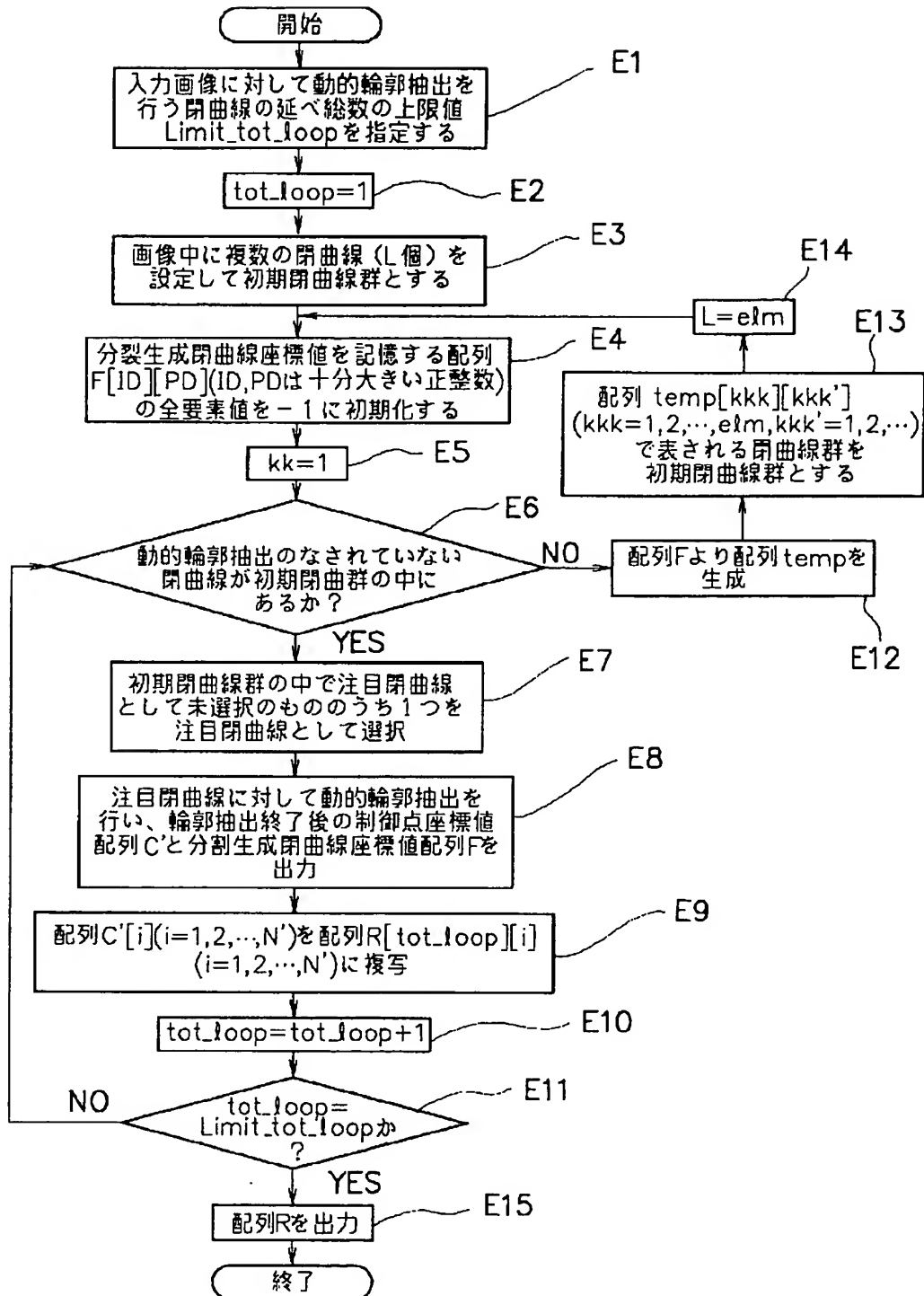
【図47】



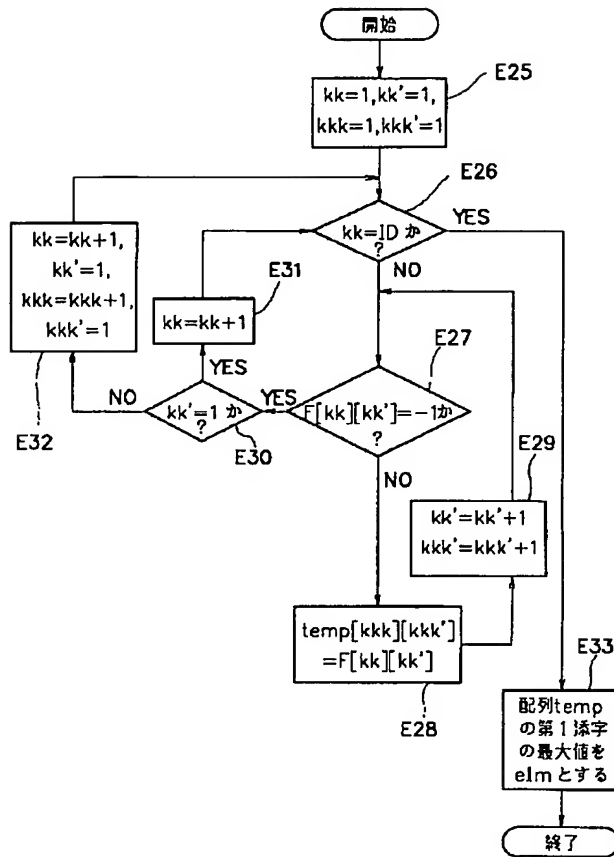
【図31】



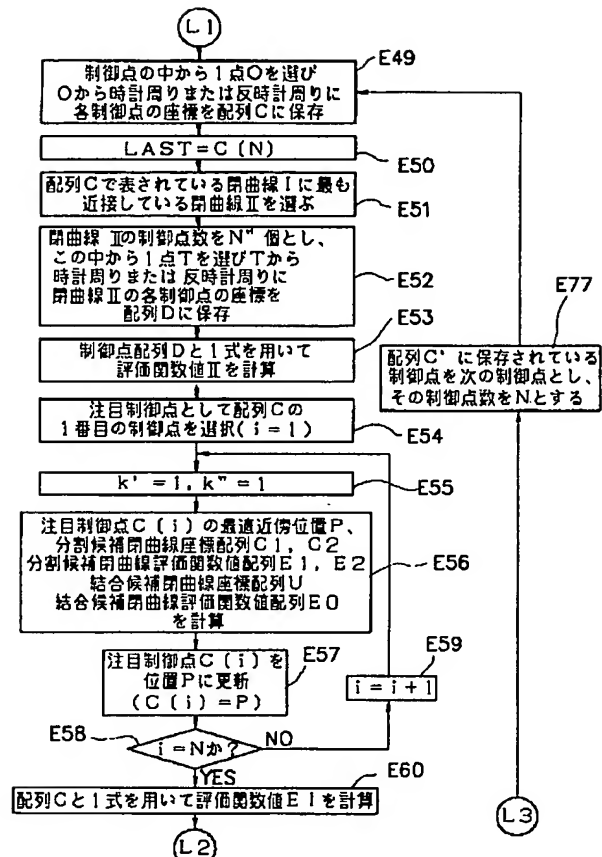
【図32】



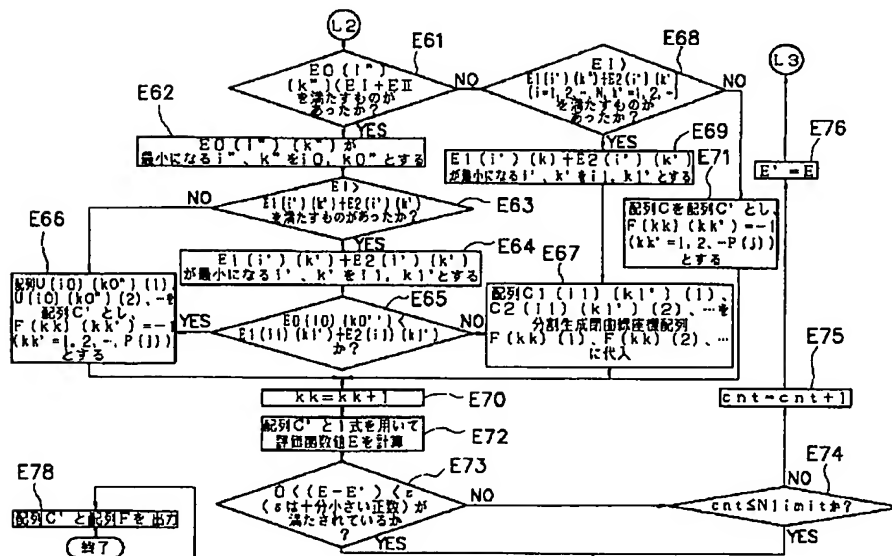
【図 33】



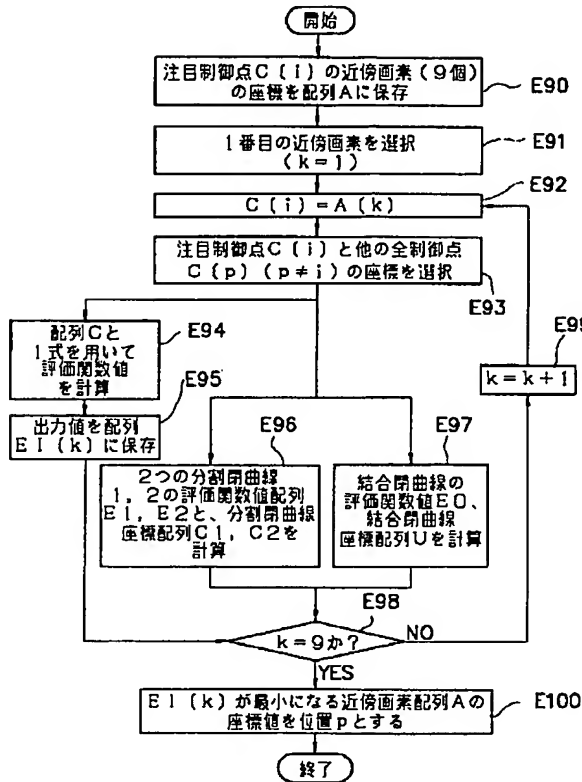
【図 35】



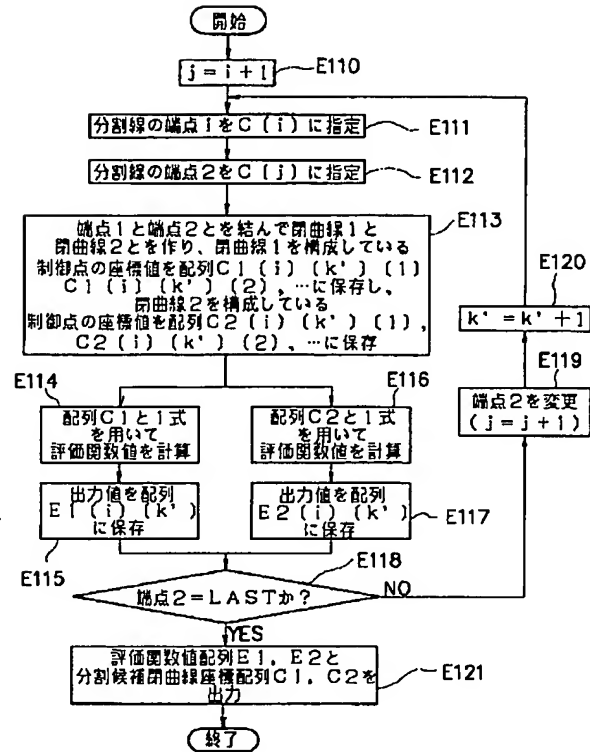
【図 36】



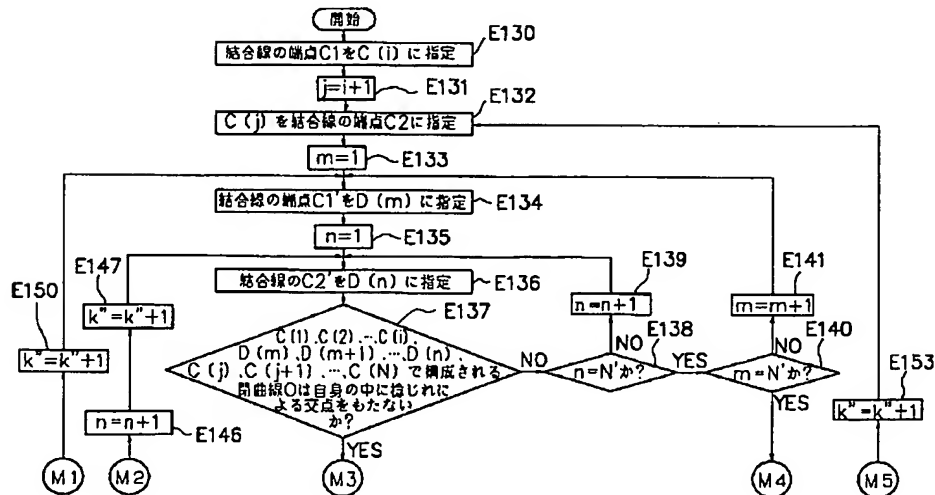
【図37】



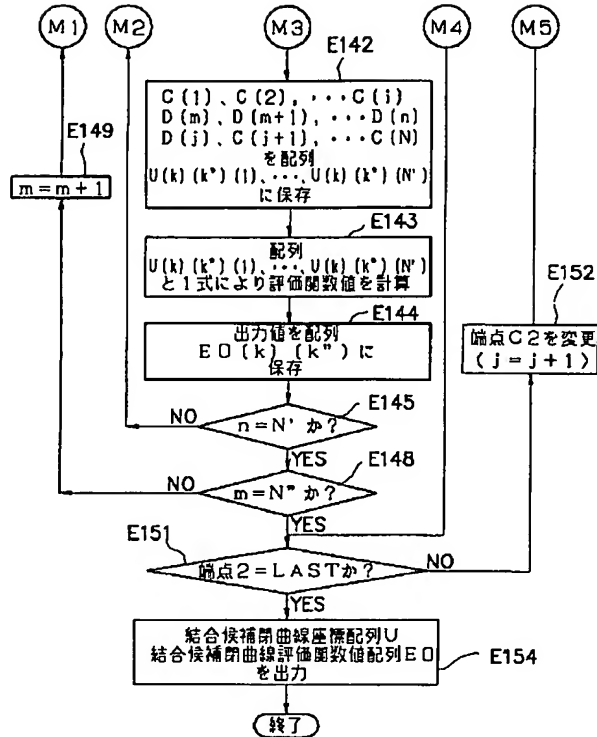
【図38】



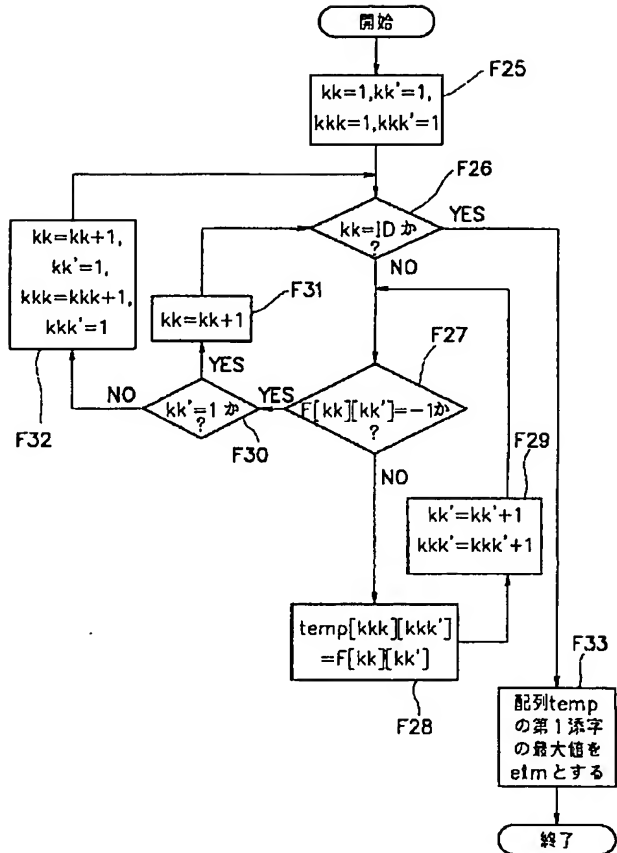
【図39】



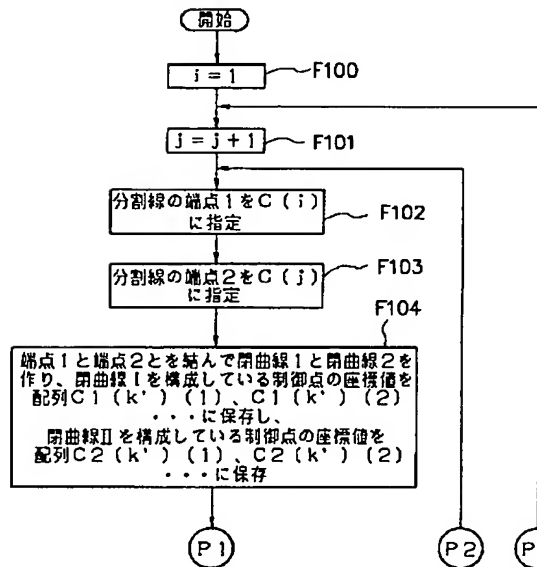
【図 40】



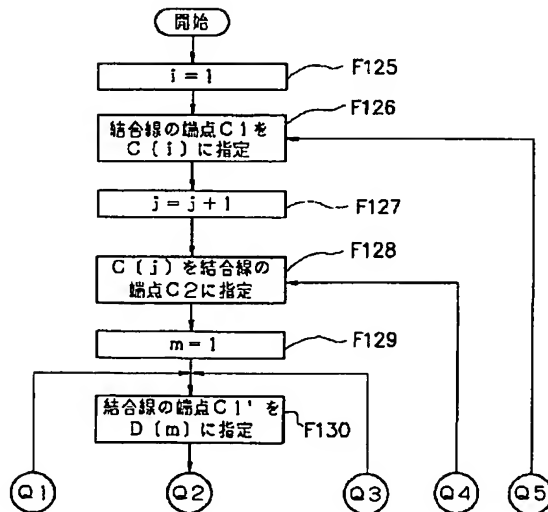
【図 43】



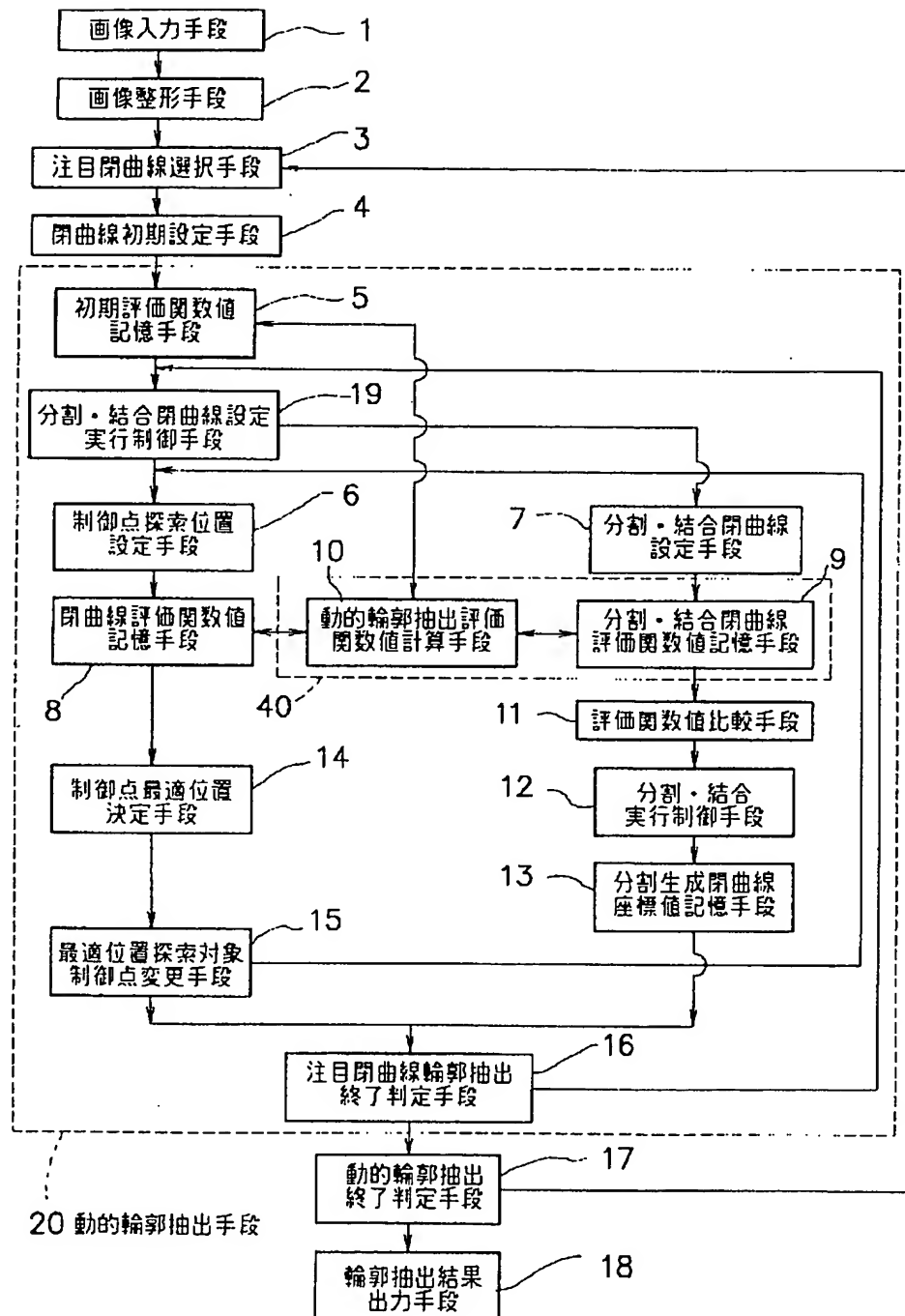
【図 48】



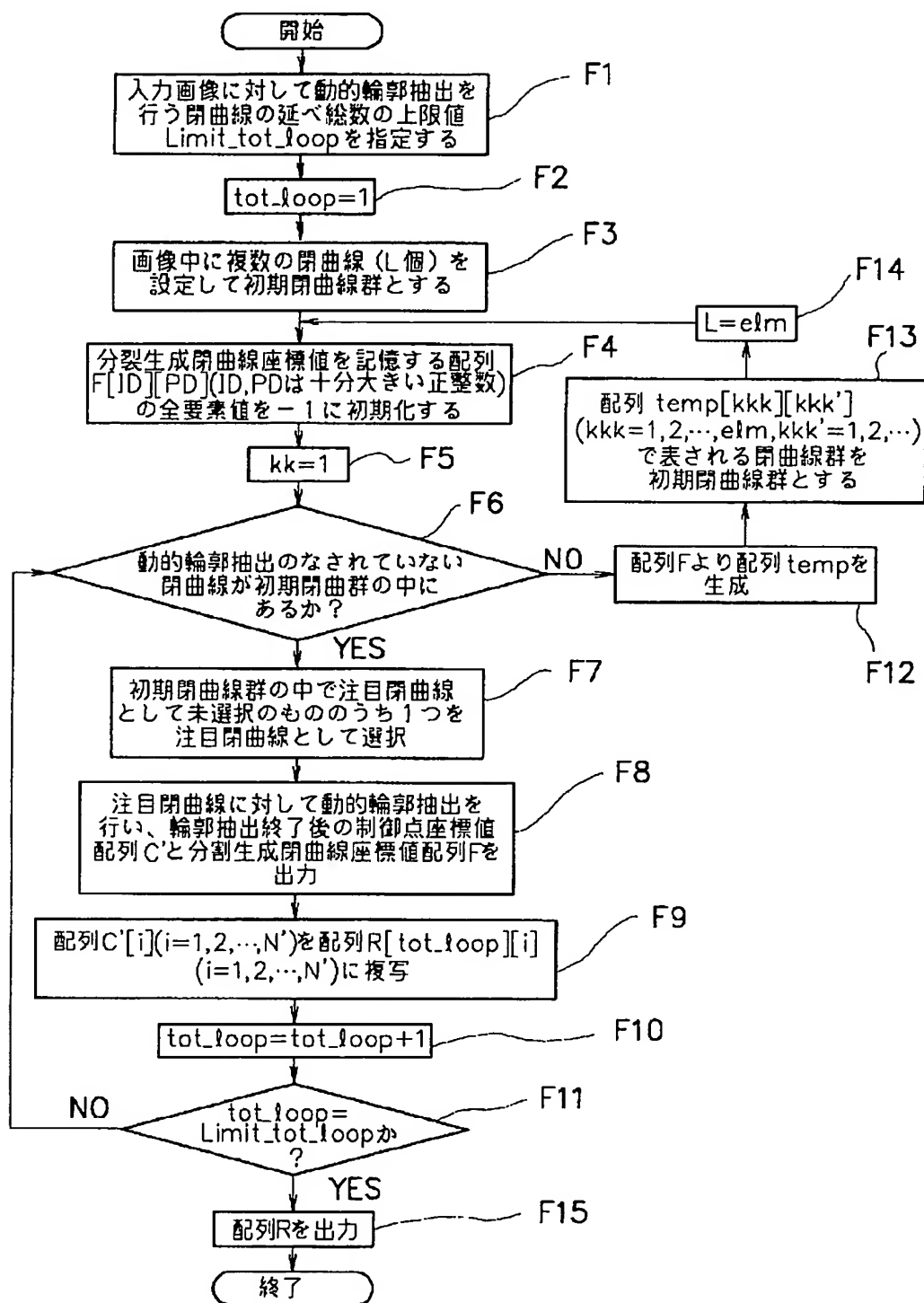
【図 50】



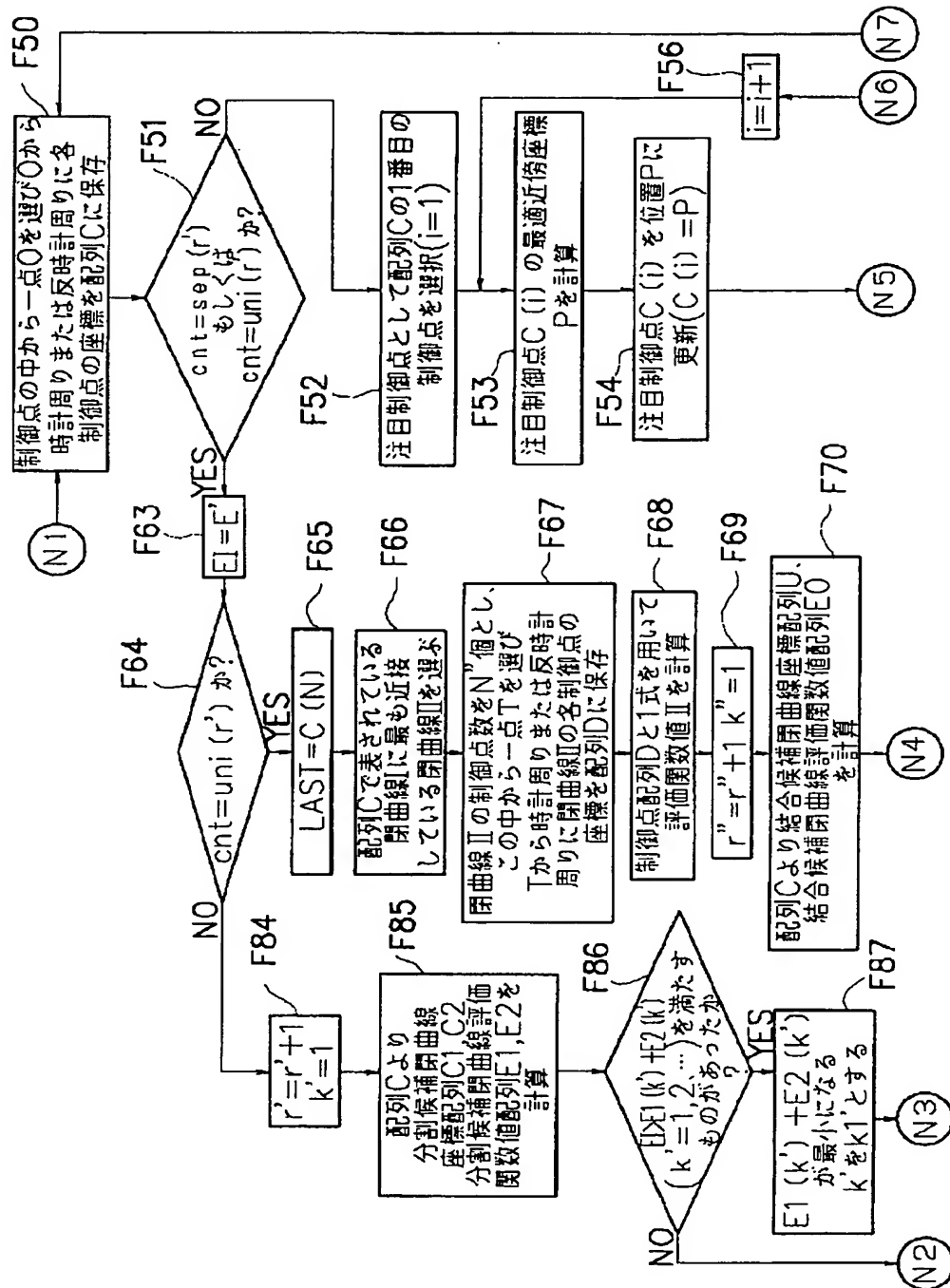
【図41】



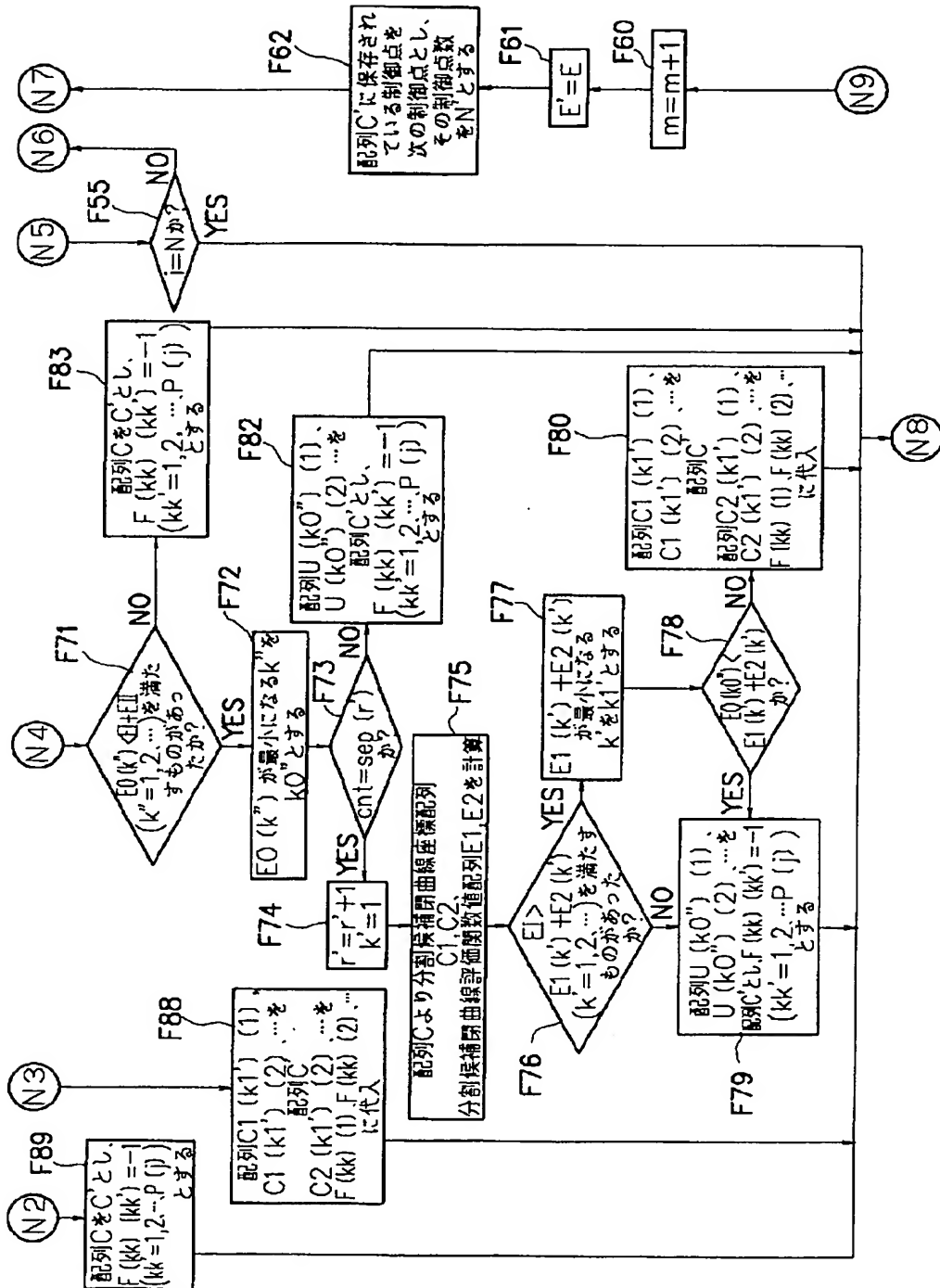
【図 4 2】



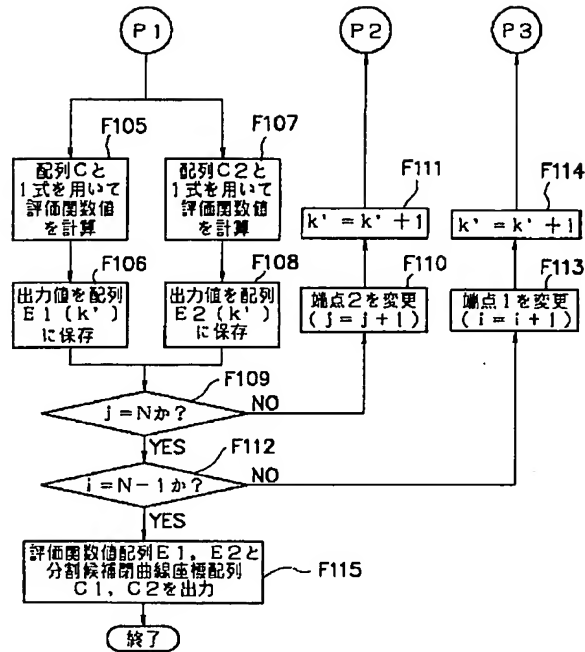
【図 45】



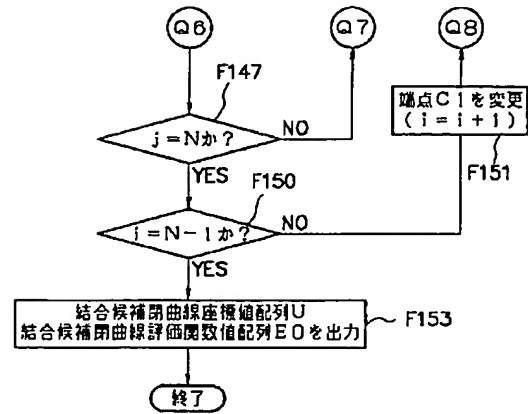
【图 4 6】



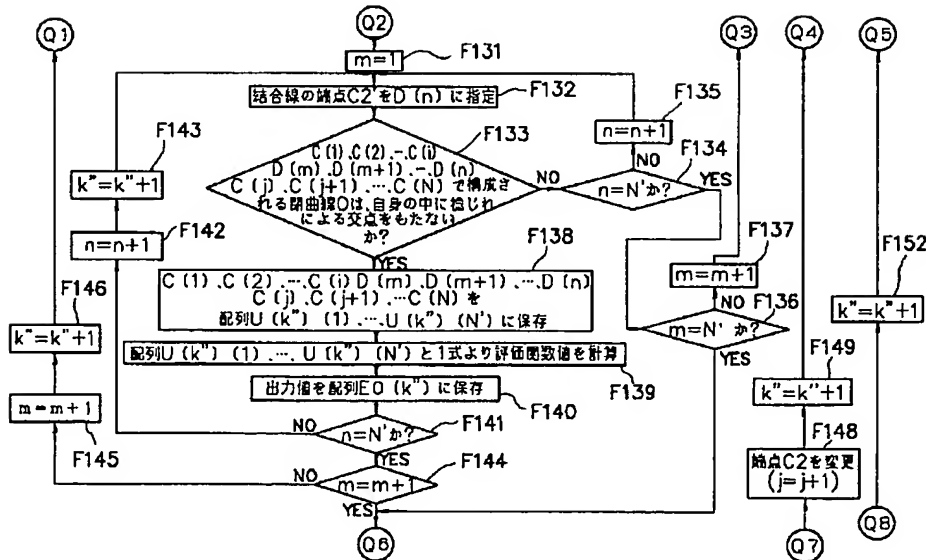
【図49】



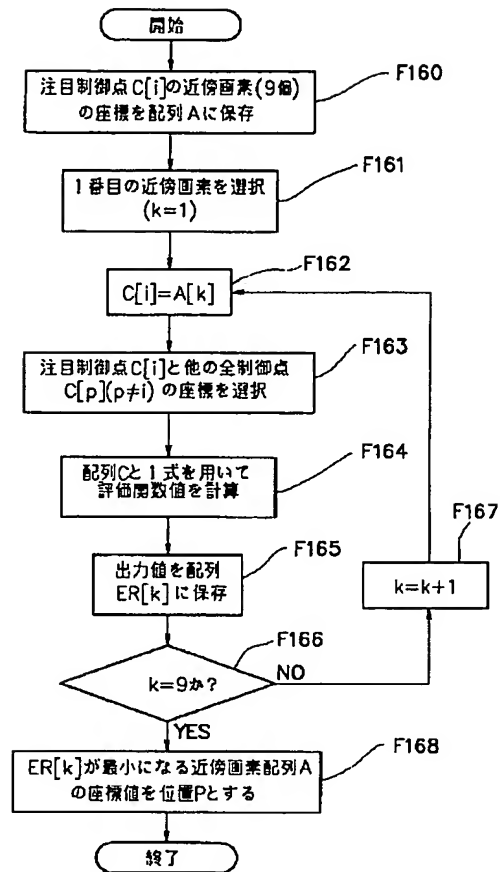
【図52】



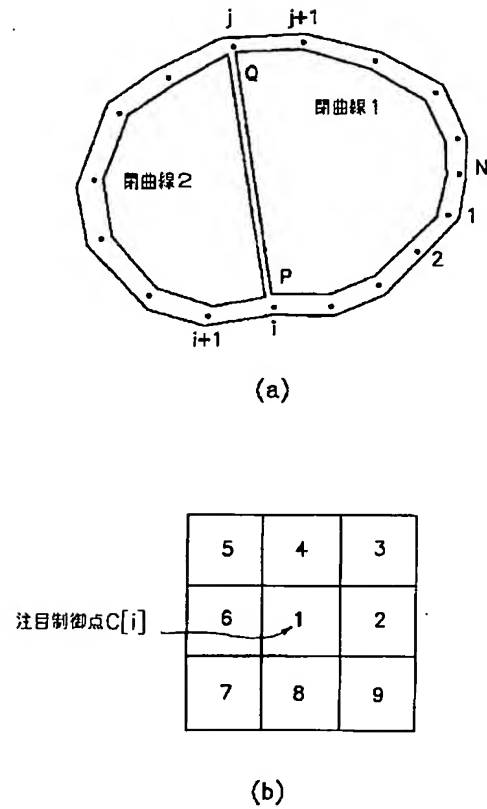
【図51】



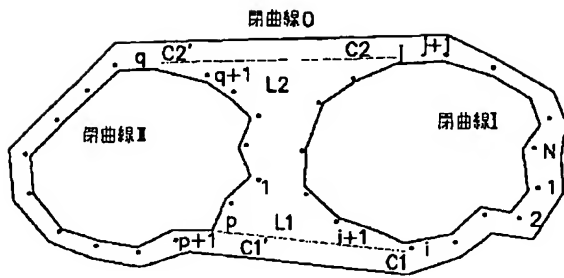
【図 5 3】



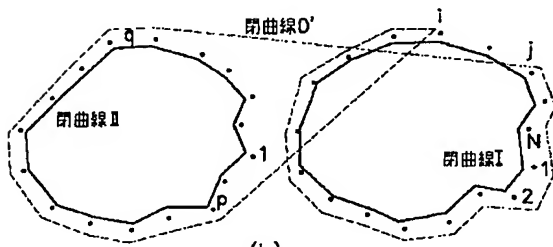
【図 5 4】



【図55】

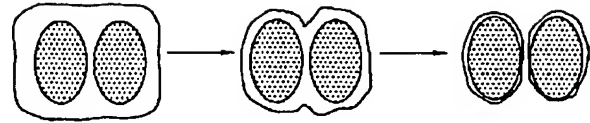


(a)

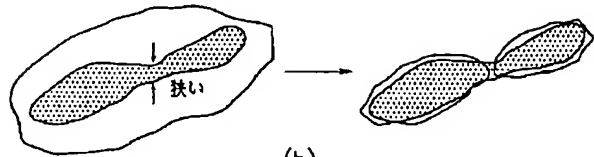


(b)

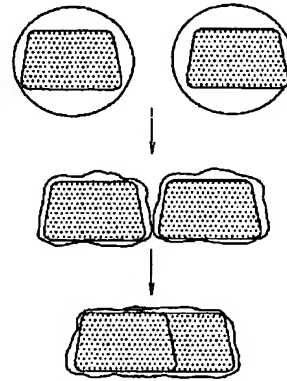
【図58】



(a)

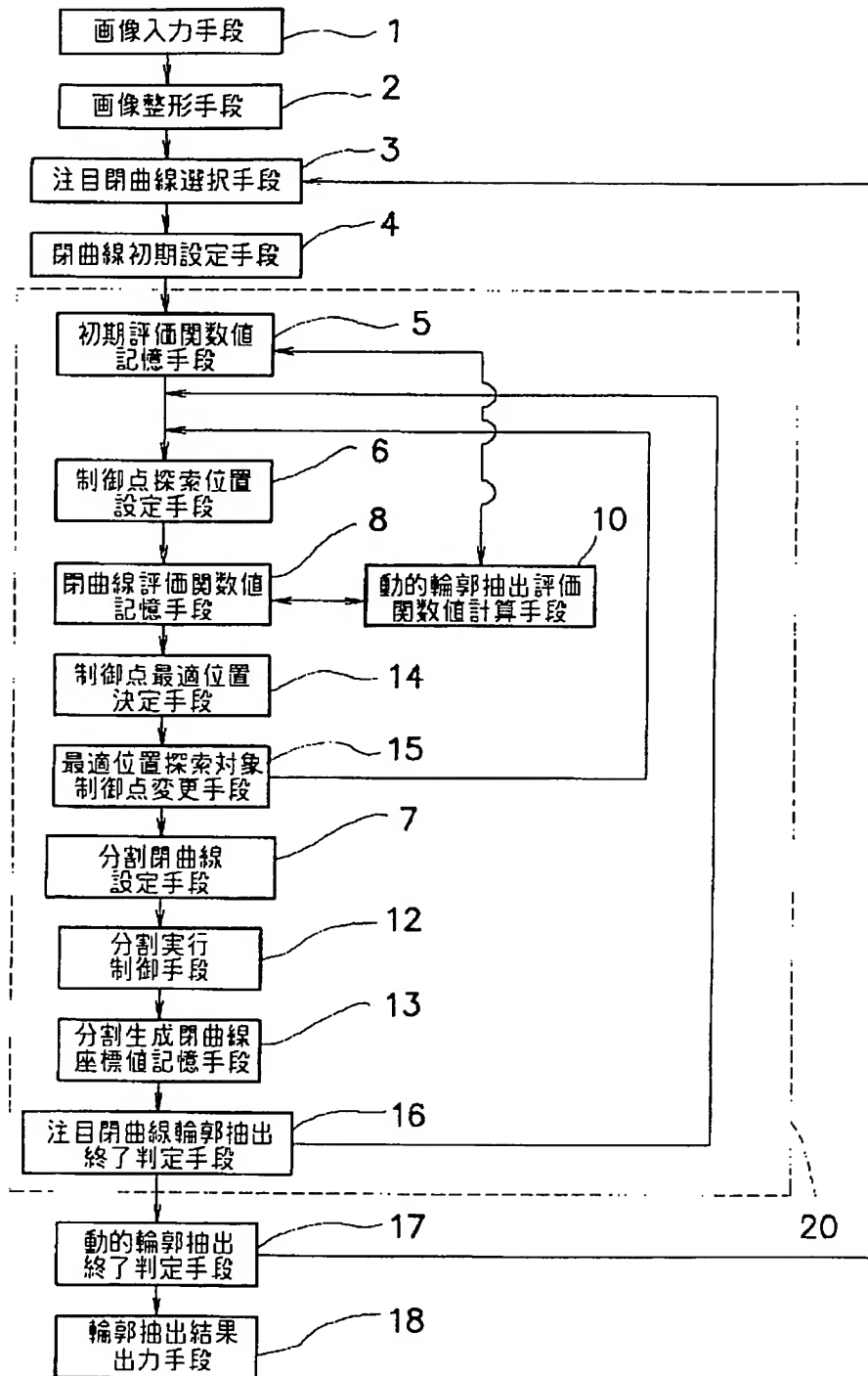


(b)

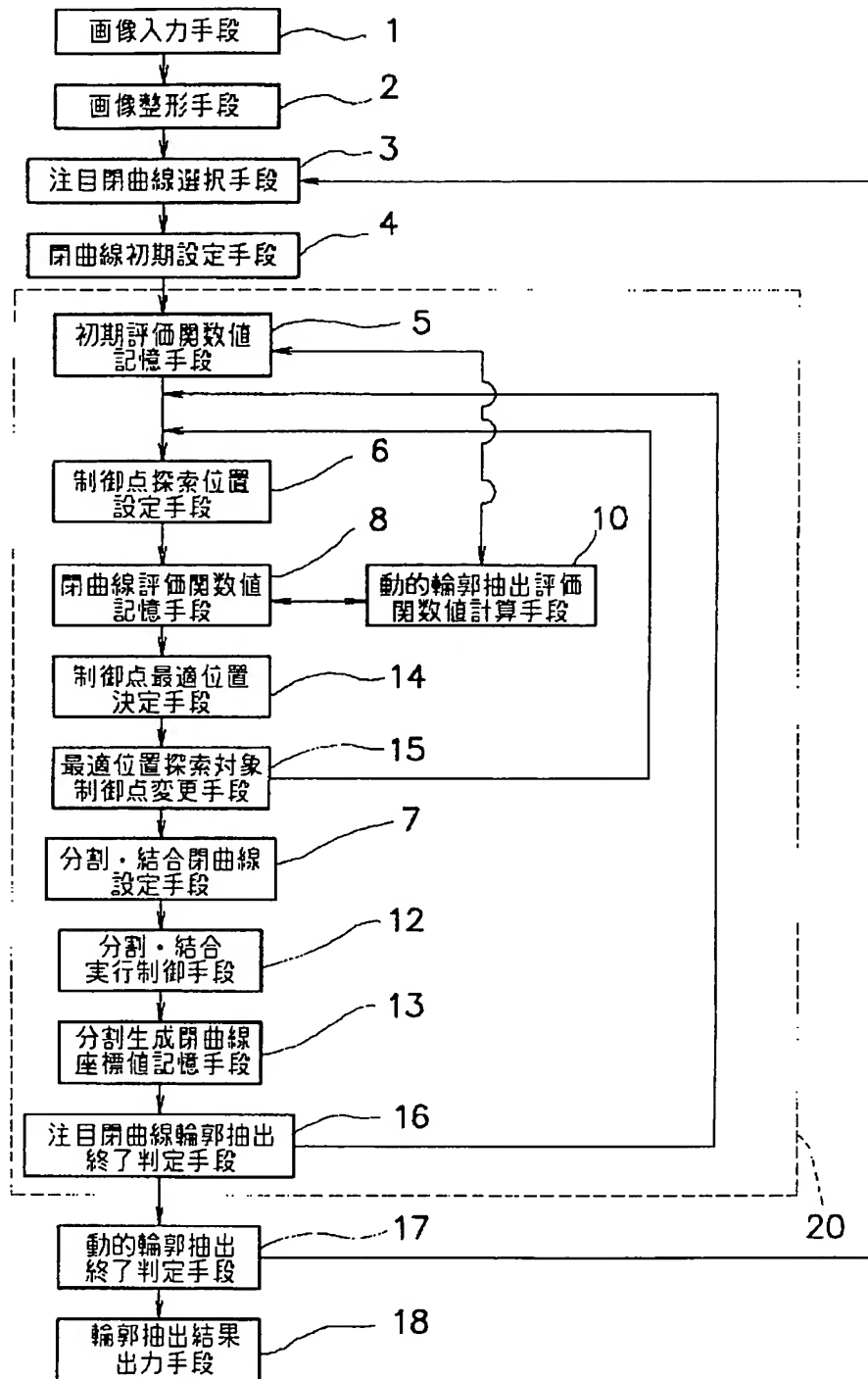


(c)

【図 56】



【図57】



【図 5 9】

